



Miguel Amaral Oliveira

Licenciatura em Ciências de Engenharia Biomédica

Análise da relação da atividade eletrodérmica e a frequência cardíaca com o score de dor em indivíduos com patologia no ombro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Biomédica

Co-orientadora: Cláudia Regina Pereira Quaresma,
Professora Auxiliar Convidada, FCT/UNL

Co-orientadora: Carla Maria Quintão Pereira,
Professora Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Doutora Célia Maria Reis Henriques

Arguentes: Doutora Ana Rita Mendes Londral
Gamboa

Vogais: Doutora Cláudia Regina Pereira
Quaresma



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2019

Análise da relação entre a actividade electrodérmica e o score de dor em indivíduos com patologia no ombro

Copyright © 2019 Miguel Amaral Oliveira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os pacientes que participaram neste estudo e ao staff do Hospital Curry Cabral, mais concretamente ao departamento de Terapia Ocupacional na área de Medicina Física e Reabilitação, uma vez que sem eles esta tese não teria sido realizada.

Foram cinco anos difíceis e trabalhosos e que finalmente chegam ao fim. Não seria possível chegar a este ponto sem todos os professores que tive e pelos quais tenho a honra de dizer que aprendi muito. Um especial agradecimento às minhas orientadoras de tese, Carla Quintão e Cláudia Quaresma, sem as quais não seria possível ter chegado tão longe, tanto a nível académico como pessoal.

Muitos altos e baixos durante estes cinco anos, durante os quais pude sempre contar com o melhor que esta faculdade me deu... Gonçalo, Santiago, Bárbara, Joana, Diogo e David, obrigado por estarem em todos os momentos importantes.

Quero agradecer também à banda e ao grupo do CS, com o qual certamente chegarei a *global elite*. Diogo, Francisco e Eduardo obrigado e “*Rush B Don’t Stop*”.

Um obrigado especial à minha família que me apoia incondicionalmente em todas as decisões que tomo, particularmente aos meus pais, com os quais sei que posso contar com tudo e a qualquer hora.

E claro, obrigado Xana por me aturares há tanto tempo e ajudares a que tenha uma vida extraordinária, juntamente com as nossas patudas. Estamos prestes a começar uma nova etapa na nossa vida e mal posso esperar.

RESUMO

O diagnóstico de diversas patologias ortopédicas tem como base o nível de dor sentido pelos pacientes. Atualmente a análise da dor em meio clínico não é comum e falha por ser uma análise subjetiva e dependente sempre de uma resposta pessoal. Isto leva a diagnósticos pouco objetivos e, por vezes, incorretos. Torna-se assim imperativo o uso de sinais fisiológicos para quantificar a dor e tornar os diagnósticos mais objetivos.

Por forma a encontrar solução para este problema, esta tese visa o estudo da relação da dor com os sinais eletrodérmico e cardíaco em indivíduos com uma patologia no ombro que dá origem a uma dor recorrente.

Este estudo foi realizado em 21 pacientes do Hospital Curry Cabral, que integraram os cuidados do departamento de Terapia Ocupacional na área de Medicina Física e Reabilitação, e 18 indivíduos sem qualquer patologia, servindo assim de grupo de controlo. Todos os participantes seguiram um protocolo experimental que consiste na medição dos sinais eletrodérmico e cardíaco e do nível da dor, através da sua escala analógica, aquando da realização de dois movimentos diferentes.

Os resultados sugerem que há de facto uma relação entre os dois sinais medidos e a dor. Quanto maior for a dor sentida pelo indivíduo, maior é a amplitude do sinal eletrodérmico e da frequência cardíaca.

Torna-se assim importante a continuação do estudo da relação entre a dor e sinais fisiológicos com o objetivo de mudar o paradigma na análise da dor e diagnóstico de certas patologias.

Palavras-chave: Sinal Eletrodérmico, Frequência Cardíaca, Dor, Ombro, Processamento de Sinal.

ABSTRACT

The diagnosis of various orthopedic pathologies is based on the level of pain experienced by patients. Currently, pain analysis in a clinical environment is not common and is at fault for being a subjective analysis and always dependent on a personal response. This leads to unclear and sometimes incorrect diagnoses. Thus, it is imperative to use physiological signals to quantify pain and make diagnosis more objective.

In order to find a solution to this problem, this thesis aims to study the relationship between pain, through its analog scale, with the electrodermal and cardiac signals of individuals characterized by having a shoulder pathology that gives rise to recurrent pain.

This study was carried out on 21 patients from Hospital Curry Cabral, who were part of the Occupational Therapy department's care in the area of Physical Medicine and Rehabilitation, and 18 individuals without any pathology, thus serving as a control group. All participants followed an experimental protocol consisting in the measurement of electrodermal and cardiac signals and pain level, through its analog scale, when performing two different movements.

The results suggest that there is indeed a relationship between the two measured signals and pain. The greater the pain experienced by the individual, the greater the amplitude of the electrodermic signal and heart rate appears to be.

Therefore, it is important to continue the study of the relationship between pain and physiological signals in order to change the paradigm in pain analysis and revolutionize the diagnosis of certain pathologies.

Keywords: Electrodermic Signal, Heart Rate, Pain, Shoulder, Signal Processing.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xvii
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	xix
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Objetivos.....	2
2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
2.1. Anatomia do ombro	3
2.1.1 Estrutura óssea.....	3
2.1.2 Articulações e ligamentos	4
2.1.3 Estrutura muscular	5
2.2 Patologias do ombro	6
2.3 Sistema nervoso	7
2.4 Percepção da dor.....	8
2.5 Escala analógica da dor.....	9
2.6 Atividade eletrodérmica.....	10
2.6.1 Aplicações do sinal eletrodérmico	12
2.6.2 Processamento do sinal eletrodérmico	13
2.7 Eletrocardiograma.....	13
3 ESTADO DA ARTE	15
3.1 Relação entre o sinal eletrodérmico e a dor.....	15
3.2 Relação entre a frequência cardíaca e a dor	16

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	17
4.1 Instrumentos utilizados	17
4.2 Definição e caracterização da amostra	18
4.3 Definição do protocolo experimental	19
4.4 Processo de análise dos dados.....	22
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	29
5.1 Resultados do estudo da validação da luva “GNeuroPathy”	29
5.2 Apresentação dos Resultados do estudo relação dor-EDA e dor-FC.....	31
5.2.1 Indivíduos sem Patologia.....	31
5.2.2 Indivíduos com Patologia	35
6 CONCLUSÃO.....	43
7 BIBLIOGRAFIA.....	45
 APÊNDICE A.....	 49
APÊNDICE B.....	51
APÊNDICE C.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Vista anterior, à esquerda, e posterior, à direita, dos ossos do membro superior e da cintura escapular . Retirado de [10].	4
Figura 2.2 – Vista anterior dos ligamentos e tendões da articulação do ombro direito. Retirado de [10].	5
Figura 2.3 – Vista anterior dos músculos do ombro direito. Retirado de [10].	6
Figura 2.4 - As diferentes escalas analógicas para avaliação da intensidade de dor: a) Escala Visual Analógica; b) Escala Numérica; c) Escala Qualitativa; d) Escala de Faces. Adaptado de [18].	10
Figura 2.5 – Gráfico representativo das principais características do sinal EDA. Adaptado de [20].	11
Figura 2.6 – Eletrocardiogramas normais medidos nas três principais derivações, ordenados de cima para baixo da I à III. Adaptado de [35].	14
Figura 4.1 – Equipamento biosignalsplux com a placa de 8 canais e sensores. Retirado de [42].	17
Figura 4.2 – Exemplo da colocação dos elétrodos correspondentes ao sinal de EDA na face anterior da mão de um participante, momentos antes de uma recolha.	20
Figura 4.3 – Exemplo da colocação dos elétrodos correspondentes ao sinal de ECG no peito e no talus de um participante, momentos antes de uma recolha.	20
Figura 4.4 – Representação dos dois movimentos efetuados durante a recolha de dados. À esquerda - flexão do ombro com extensão do cotovelo, e à direita - rotação interna do ombro com flexão do cotovelo.	21
Figura 4.5 – Trecho de um ficheiro obtido através do OpenSignals.	22
Figura 4.6 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X e correspondência dos valores deste ao início e fim dos movimentos no sinal EDA, sendo as linhas a vermelho e a preto o início e o fim de cada movimento, respetivamente. Sinais relativos ao indivíduo P_03.	23

Figura 4.7 – Sinal eletrodérmico (μS) do indivíduo P_03 e instantes do início, assinalado a vermelho, e fim, assinalado a preto, dos movimentos após a utilização de um filtro média deslizante.	24
Figura 4.8 – Eletrocardiograma (mV) registado durante a recolha dos dados ao indivíduo P_03.	25
Figura 4.9 – ECG sem o valor médio, gráfico a), e gráficos da frequência cardíaca em função do tempo, gráfico original b) e gráfico suavizado c). Sinais relativos ao indivíduo P_02.	26
Figura 5.1 – Amplitude do sinal eletrodérmico referente aos estímulos agulha (em cima) e algodão (em baixo).	30
Figura 5.2 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_01.	31
Figura 5.3 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_01.	32
Figura 5.4 – Amplitude média normalizada do sinal eletrodérmico de todos os participantes sem patologia para os dois movimentos efectuados.	32
Figura 5.5 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_17.	33
Figura 5.6 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_13.	34
Figura 5.7 – Amplitude média normalizada da FC de todos os participantes sem patologia para os dois movimentos efectuados.	34
Figura 5.8 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_20.	35
Figura 5.9 – Score de dor médio e respetivo desvio padrão de todos os participantes com patologia em função dos movimentos realizados.	36
Figura 5.10 – Amplitude média normalizada da EDA de todos os participantes com patologia para os dois movimentos efectuados.	36
Figura 5.11 – Amplitude média normalizada da FC de todos os participantes com patologia para os dois movimentos efectuados.	37
Figura 5.12 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_20.	38
Figura 5.13 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_12.	39
Figura 5.14 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_12.	39

Figura 5.15 – Amplitude média normalizada do sinal eletrodérmico de todos os participantes com patologia em função do score de dor agrupado.....	40
Figura 5.16 – Amplitude da frequência cardíaca ao longo da sequência de movimentos, referente ao indivíduo P_19.	41
Figura 5.17 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_16.	42
Figura 5.18 – Amplitude normalizada média da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela A.1 – Caracterização dos participantes sem patologia (SemP).	49
Tabela A.2 – Caracterização dos participantes com patologia (P).	50

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ACC	Acelerómetro, do inglês Accelerometer
ECG	Eletrocardiograma
EDA	Atividade Eletrodérmica, do inglês Electrodermal Activity
FC	Frequência Cardíaca
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNAE	Sistema Nervoso Autônomo Entérico
SNAP	Sistema Nervoso Autônomo Parassimpático
SNAS	Sistema Nervoso Autônomo Simpático
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
SNS	Sistema Nervoso Somático

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Ao longo dos anos, devido aos diversos avanços tecnológicos, surgiu uma nova capacidade de obtenção e processamento de sinais fisiológicos nunca antes alcançada. É graças a estes avanços tecnológicos que é possível aprofundar os conhecimentos sobre inúmeras patologias e consequentemente melhorar o diagnóstico clínico. São vários os exemplos de inovações na tecnologia responsáveis por este melhoramento, desde novos dispositivos de aquisição de sinais fisiológicos a novas ferramentas e modelos de processamento de sinal. No entanto, existem ainda muitas patologias que carecem de um fácil e objetivo diagnóstico clínico, como é o caso das doenças ortopédicas. Algo resultante de o diagnóstico não ser feito através da recolha e análise de sinais fisiológicos. Muitas destas patologias podem ter origem na forma como as pessoas vivem o seu dia a dia, desde a atividade física praticada, à profissão exercida, tendo até influência a qualidade dos serviços médicos acessíveis, ou mais concretamente, a falta de qualidade destes [1]. Apesar de o exercício físico trazer grandes benefícios, tanto para a saúde física como mental [2], a atividade física exagerada ou realizada de forma incorreta pode levar ao aparecimento de lesões ortopédicas [3]. Profissões que requerem movimentos repetitivos ou de um esforço físico elevado, como empregos na construção civil ou em fábricas que usam o sistema de linhas de montagem, podem levar a este tipo de patologias, principalmente no ombro [4], tendo já havido uma preocupação em efetuar uma rotação dos trabalhadores nos diferentes postos nas linhas de montagem, de forma a variar o tipo de movimentos efetuados pelos trabalhadores. É a dificuldade em diagnosticar estas patologias que motiva o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias de forma a tornar mais fácil e mais objetivo o diagnóstico.

Estas patologias muitas vezes tornam impossível uma vida saudável e livre de dor, sendo assim imperativo que se encontrem soluções para o seu diagnóstico correto. Contudo, a quantificação da dor é algo subjetivo, uma vez que esta recorre a escalas analógicas e que

depende da percepção da dor de cada indivíduo. Isto leva a diagnósticos subjetivos e pouco exatos. Torna-se assim fundamental a correta quantificação da dor, de forma não subjetiva e baseada em sinais fisiológicos.

1.2 Objetivos

Um dos aspetos que pode afetar diretamente a qualidade de vida de um indivíduo é a presença de dor, sendo que esta pode ser crónica ou aguda. Atualmente a análise da dor em meio clínico não é comum e falha por ser uma análise subjetiva dependendo sempre de uma resposta pessoal. De modo a melhorar o diagnóstico clínico da dor, este projeto tem como base a recolha e posterior processamento e análise de sinais fisiológicos. Um dos objetivos deste estudo é recolher sinais fisiológicos de indivíduos com uma patologia no ombro que dá origem a uma dor recorrente. Foram recolhidos e analisados os sinais eletrodérmico e eletrocardiográfico e relacionados com a escala analógica existente, com o objetivo de identificar se existe uma relação entre a dor e estes sinais fisiológicos.

O Sistema Nervoso de um indivíduo após este sentir dor, mais concretamente o Sistema Nervoso Simpático, produz uma alteração na excreção de suor e na frequência cardíaca, sendo estas alterações traduzidas no sinal eletrodérmico [5] e no eletrocardiograma [6], respectivamente. Pretendeu-se assim a recolha destes sinais de modo a correlacioná-los com a escala analógica de dor, tendo sempre o intuito de tornar mais objetiva a quantificação da dor.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo são abordados conceitos teóricos fundamentais e indispensáveis para uma melhor compreensão deste estudo. É necessário perceber a anatomia do ombro, assim como as patologias mais frequentemente associadas. As características do sinal eletrodérmico e eletrocardiográfico são também fundamentais para uma percepção clara deste estudo. É ainda importante compreender o funcionamento do Sistema Nervoso e de que forma este afeta o sinal eletrodérmico e o eletrocardiograma, e também como funciona a percepção da dor no ser humano.

2.1. Anatomia do ombro

Sendo uma estrutura músculo-esquelética muito complexa, o ombro humano é considerado como o compromisso perfeito entre mobilidade e estabilidade [7]. Como articulação principal no complexo do ombro, a articulação glenoumeral é uma articulação sinovial e permite a maior amplitude de movimento de qualquer articulação do corpo humano [8], assim como uma grande variedade de movimentos.

Sendo então uma das estruturas mais complexas do corpo humano, para se compreender melhor o ombro será necessário assimilar as três componentes principais presentes nesta articulação: estrutura óssea, articulações e ligamentos e estrutura muscular.

2.1.1 Estrutura óssea

O ombro é formado pela junção de três ossos diferentes: a clavícula, a escápula e o úmero. Tem uma disposição característica, presente na Figura 2.1, e permite a ligação da cintura escapular ao membro superior [9].

A clavícula é um osso longo e fino e localiza-se imediatamente acima da primeira costela, dispondo-se horizontalmente. A sua função é de suporte ao membro superior, mantendo-o distante do tórax, permitindo assim que o braço tenha amplitude máxima de movimento. É facilmente fraturada quando o indivíduo é submetido a impactos fortes no ombro [9].

A escápula ou omoplata é um osso grande, plano e triangular localizado na região posterior e superior do tórax. Duas estruturas ósseas importantes da escápula são a apófise coracoide, que funciona como a ligação dos músculos que movimentam o braço, e a cavidade glenoidal ou glenoide, que recebe a cabeça do úmero. Devido à sua estrutura e localização protegida, as fraturas na escápula são incomuns [9][10].

O úmero é o maior e mais longo osso do membro superior. Caracteriza-se por ter duas extremidades (epífises) e um corpo (diáfise). A epífise proximal, também designada por cabeça do úmero, é arredondada e articula-se com a cavidade glenoidal da escápula. Por ter dimensões longas o úmero é um osso muito propício a sofrer fraturas [9][10].

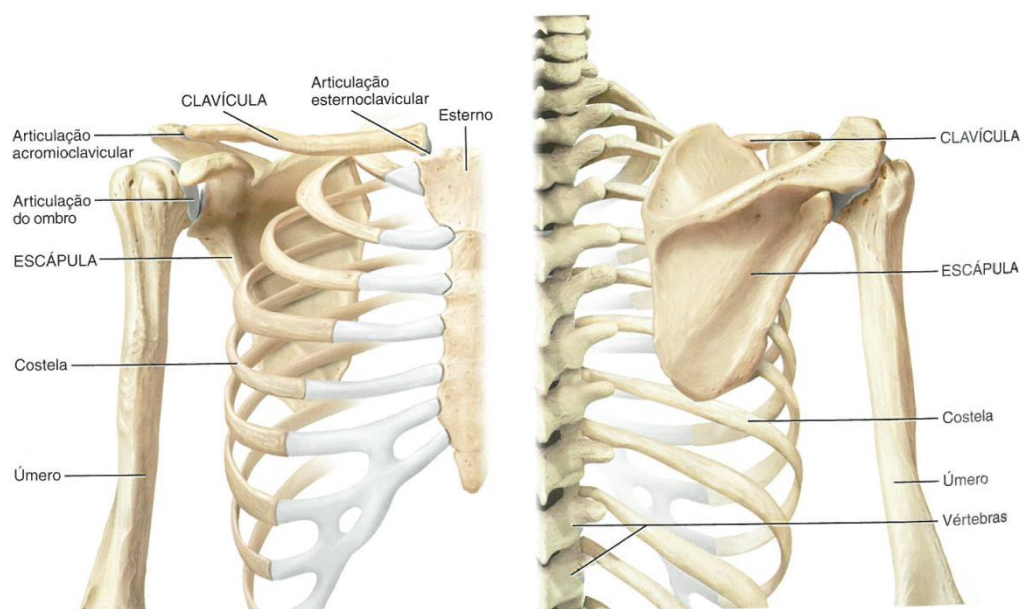


Figura 2.1 – Vista anterior, à esquerda, e posterior, à direita, dos ossos do membro superior e da cintura escapular. Retirado de [10].

2.1.2 Articulações e ligamentos

Os ossos têm características que não os permitem serem curvados sem que sofram qualquer lesão. Desta forma é necessário a existência de articulações e ligamentos de modo a manter os ossos unidos e simultaneamente permitir algum grau de movimento. Uma articulação é um ponto de contacto entre dois ossos e a mais relevante para este estudo é a articulação glenoumeral [10], ilustrada na Figura 2.2.

A articulação glenoumeral é uma articulação sinovial esférica, formada pela cabeça do úmero e pela cavidade glenoidal da escápula. Caracteriza-se pela cápsula articular, diversos ligamentos, lábio glenoidal e bolsas. Esta articulação permite vários tipos de movimento, entre eles, flexão, extensão, abdução e adução e possui uma maior amplitude de movimento do que

qualquer outra articulação do corpo. A articulação acromioclavicular, formada pelos ligamentos acromioclavicular e coracoacromial, liga a clavícula à apófise acromial da omoplata, e juntamente com a articulação glenoumeral forma a articulação do ombro. Embora os ligamentos da articulação do ombro confirmem-lhe resistência, grande parte da resistência total advém dos músculos que envolvem a articulação [10].

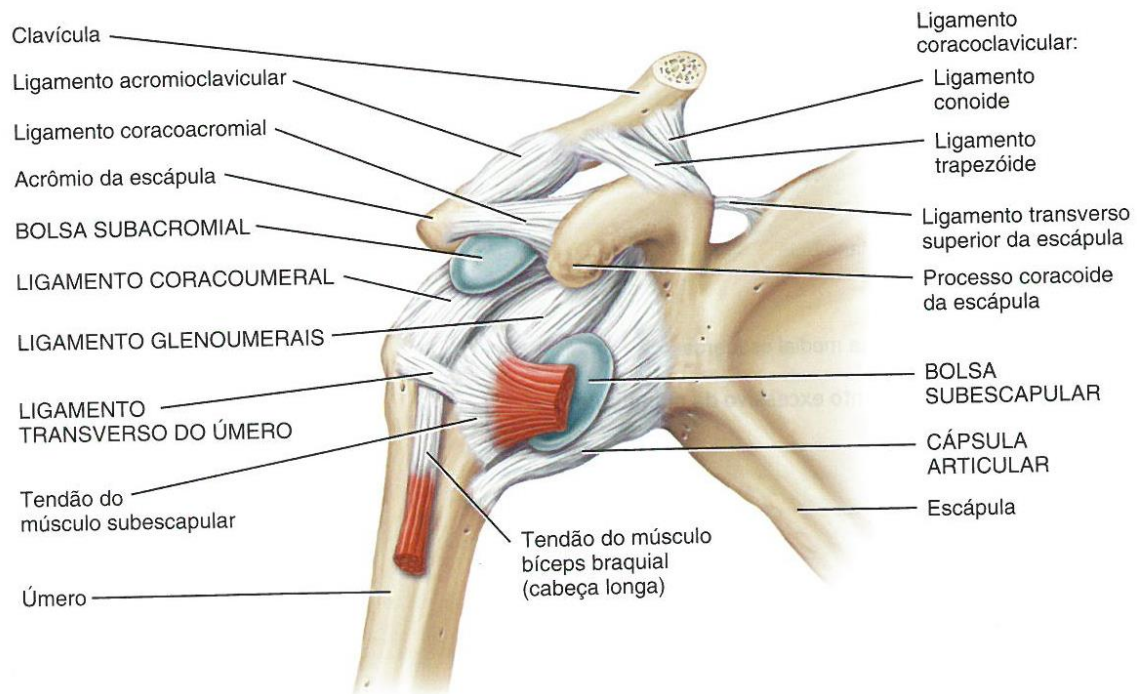


Figura 2.2 – Vista anterior dos ligamentos e tendões da articulação do ombro direito. Retirado de [10].

2.1.3 Estrutura muscular

Apesar dos músculos do ombro serem relativamente curtos, são capazes de desempenhar inúmeras tarefas que requerem força elevada, tendo assim um bom rácio dimensão-força [7].

Os principais músculos presentes no ombro, responsáveis pela maior parte do movimento, embora em contribuições diferentes, são: peitoral maior, deltoide, os quatro músculos do manguito rotador, redondo maior e músculos superficiais do dorso [10]. Estes músculos, assim como os restantes presentes no ombro, encontram-se representados na Figura 2.3.

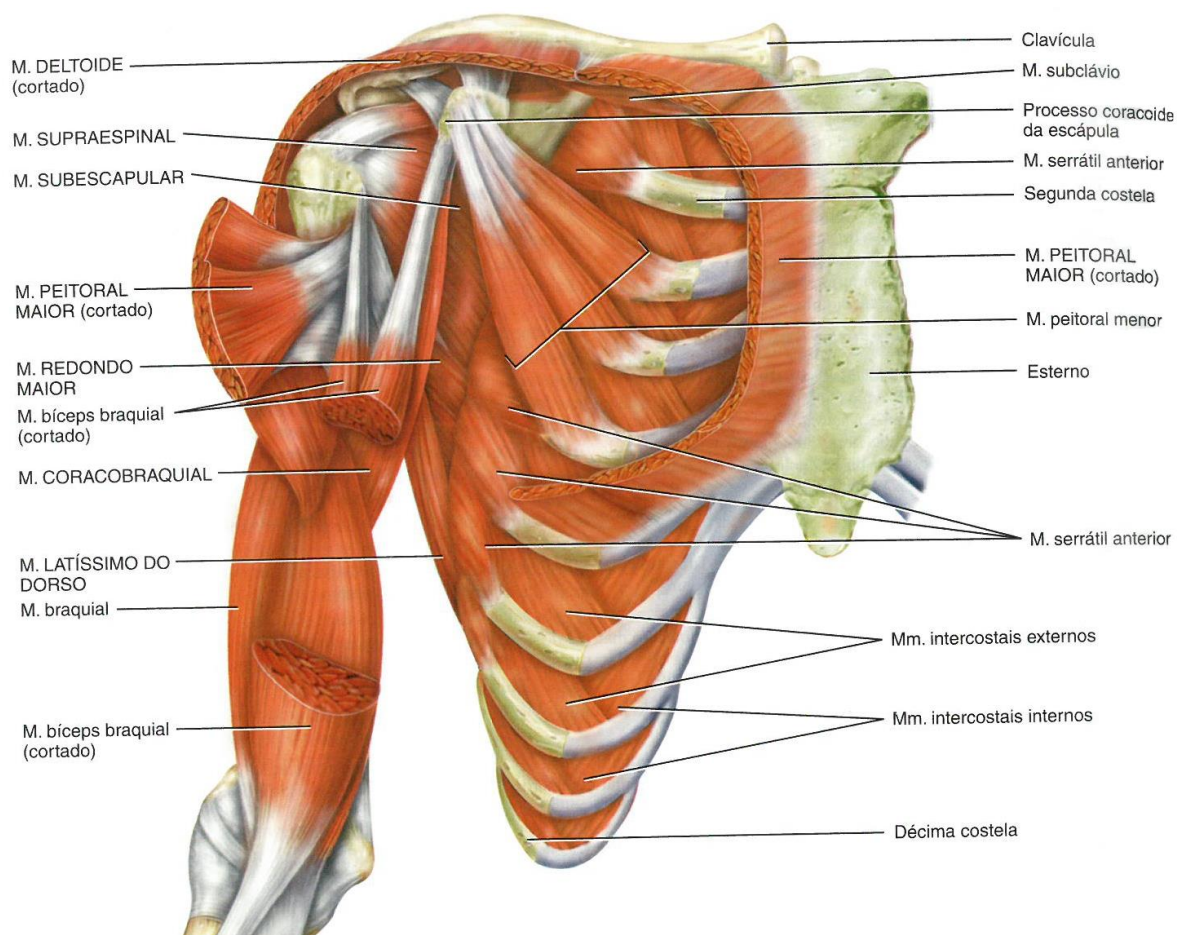


Figura 2.3 – Vista anterior dos músculos do ombro direito. Retirado de [10].

2.2 Patologias do ombro

Devido à extensa lista de patologias associadas ao corpo humano é necessário classificá-las. Estas podem ser do tipo oncológicas, neurológicas, cardíacas, entre outras. No entanto, são as patologias músculo-esqueléticas que têm interesse para este estudo. Entre as inúmeras patologias existentes neste grupo, são três as mais comuns no ombro: bursite, tendinite e capsulite adesiva [11] e encontram-se descritas seguidamente.

Os diversos movimentos do braço criam atrito e por isso, bolsas que contêm um líquido semelhante ao líquido sinovial estão situadas estrategicamente de modo a reduzir este atrito. A bursite do ombro é uma inflamação crónica ou aguda de uma bolsa nesta região. É normalmente provocada pela irritação resultante de esforço excessivo e repetitivo da articulação. Os sintomas incluem dor e limitação do movimento do membro superior. Fisioterapia e anti-inflamatórios fazem parte do tratamento desta patologia [10].

A tendinite no ombro surge a partir da inflamação de um tendão provocando dor e rigidez, impossibilitando certos movimentos. As causas podem ser diversas, desde movimentos repetitivos, como nadar ou jogar ténis, a esforços excessivos. Não sendo tratada, pode vir a acontecer uma reorganização dos tendões no local afetado [12]. O tratamento passa pelo repouso e a aplicação de gelo ou de calor [10].

A capsulite adesiva, também designada por ombro congelado, é uma patologia de causa desconhecida, sendo mais frequente em doentes do sexo feminino. Provoca uma inflamação na cápsula articular tornando-a inelástica e espessa, o que leva a uma limitação do movimento e, em muitos casos, dor. Atividade física e anti-inflamatórios podem ajudar a diminuir a dor e a aumentar a mobilidade no ombro [13]. Outro tratamento que também é benéfico para o ombro congelado é a Eletroacupuntura [14].

2.3 Sistema nervoso

Somos permanentemente “bombardeados” com diversos estímulos, podendo estes ser tanto internos como externos. De modo a perceber-se como o nosso organismo os recebe e interpreta é necessário compreender o mecanismo neuronal, assim como as especificidades de cada constituinte.

Dispondo aproximadamente apenas de 3% do peso total do corpo, o Sistema Nervoso é um dos menores e, ainda assim, o mais complexo de todos os sistemas do corpo humano. Tendo como principal função a coordenação dos restantes sistemas, é dividido estruturalmente em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP) [10].

O SNC consiste no encéfalo e na medula espinal, ambos envolvidos e protegidos por três membranas denominadas meninges, enquanto o SNP inclui todos os tecidos nervosos fora do SNC. O SNP pode ser dividido em Sistema Nervoso Somático (SNS), que consiste em neurónios sensitivos e em neurónios motores e é responsável pelas ações voluntárias, e em Sistema Nervoso Autónomo (SNA), também compreendido por neurónios sensitivos e motores, mas responsável pelas ações involuntárias. O SNA pode ainda ser subdividido em Sistema Nervoso Autónomo Simpático (SNAS), Sistema Nervoso Autónomo Parassimpático (SNAP) e Sistema Nervoso Autónomo Entérico (SNAE). O SNAS e o SNAP têm usualmente ações antagónicas. Por exemplo, os neurónios simpáticos, geralmente, aumentam a frequência cardíaca, enquanto os neurónios parassimpáticos a diminuem. Em geral, a parte simpática estimula o funcionamento dos órgãos e atua também em casos de emergência, também chamados respostas de luta ou fuga, enquanto a parte parassimpática inibe o funcionamento dos

órgãos, atuando em situações de repouso. O SNAE, também designado de cérebro do intestino, é involuntário e está relacionado com a função intestinal [15].

Particularizando para o caso da pele, é o SNAS o responsável pelo aumento da atividade das glândulas sudoríparas, o que leva a um aumento da excreção de suor, não tendo qualquer influência do SNAP. A excreção de suor é importante para regular a temperatura da pele e libertar substâncias tóxicas do corpo. Em situações de stress ou trauma, para além das hormonas usualmente libertadas, o SNAS é ativado, acelerando assim os processos biológicos [16].

2.4 Perceção da dor

São várias as sensações a que chamamos de dor, desde “queimaduras” a “picadas”, a “músculos doridos”. Esta pode ser aguda ou crónica. A dor aguda caracteriza muitas condições clínicas e é a principal razão pela qual os doentes procuram ajuda médica. Tem assim um papel importante na identificação de situações que necessitem intervenção médica. A dor crónica caracteriza-se por ser uma dor prolongada e não tem nenhuma utilidade. A dor é uma sub-modalidade das sensações somáticas, como o toque por exemplo, e tem uma importante função protetora: adverte o indivíduo sobre lesões que devem ser tratadas ou evitadas. Quando crianças têm a condição rara Analgesia Congénita, também designada por Insensibilidade Congénita à dor, ou seja, quando não têm capacidade para sentir dor física, é possível que se lesionem gravemente sem se aperceberem, o que pode levar a danos permanentes [17].

A intensidade com que a dor é sentida é afetada pelas condições ambiente, e o mesmo estímulo pode produzir diferentes respostas em indivíduos diferentes sob condições semelhantes [16].

A dor é então, uma perceção. É uma experiência sensorial e emocional desagradável associada a dano real ou potencial dos tecidos. Certos tecidos possuem recetores sensoriais especializados, designados por nociceptores, que são ativados por estímulos nocivos. No entanto, a ativação dos nociceptores não leva necessariamente à experiência da dor. Assim, a relação entre a ativação destes recetores e a perceção da dor é outro exemplo de que a perceção é um produto da abstração do cérebro. A natureza altamente individual e subjetiva da dor é um dos fatores que torna tão difícil defini-la e tratá-la clinicamente [15]. Outro exemplo da sua natureza individual e subjetiva é o facto de não existirem “estímulos dolorosos” – estímulos que, invariavelmente, provocam a perceção de dor em todos os indivíduos. Por exemplo, muitos atletas não reparam que estão lesionados até que o seu jogo termine. Do mesmo modo, muitos soldados feridos não sentem dor até serem removidos com segurança do campo de batalha [16].

2.5 Escala analógica da dor

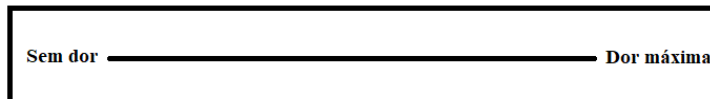
Em meio clínico é frequentemente necessário conhecer-se a intensidade de dor que o doente sente para se obter o diagnóstico mais correto, mas tal é de extrema dificuldade uma vez que não é possível obter um valor exato, contrariamente aos outros sinais fisiológicos. Para colmatar esta lacuna, é utilizada uma escala analógica de dor, regida por um conjunto concreto de normas, descritas em seguida e impostas pelo Ministério da Saúde através de circular [18]:

- a) A avaliação da intensidade da dor pode efetuar-se com recurso a qualquer das escalas propostas;
- b) A intensidade da dor é sempre a referida pelo doente;
- c) À semelhança dos sinais vitais, a intensidade da dor registada refere-se ao momento da sua colheita;
- d) As escalas propostas aplicam-se a doentes conscientes e colaborantes, com idade superior a 3 anos. Existem, contudo, outros métodos de avaliação específicos, não incluídos na presente Circular, para doentes que não preencham estes critérios;
- e) A escala utilizada, para um determinado doente, deve ser sempre a mesma;
- f) Para uma correta avaliação da intensidade da dor é necessária a utilização de uma linguagem comum entre o profissional de saúde e o doente, que se traduz por uma padronização da escala a utilizar e pelo ensino prévio à sua utilização;
- g) É fundamental que o profissional de saúde assegure que o doente compreenda, corretamente, o significado e utilização da escala utilizada.

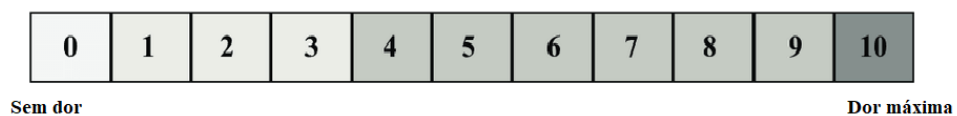
São quatro as principais escalas analógicas usadas em meio clínico. A Escala Visual Analógica, Figura 2.4 a), consiste numa linha horizontal com 10 centímetros de comprimento, que tem assinalada numa extremidade a classificação “Sem Dor” e na outra a classificação “Dor Máxima”. O doente faz uma cruz no ponto que representa a intensidade da dor que sente e posteriormente mede-se em centímetros a distância entre o início da linha, que corresponde ao zero, e o local assinalado. Obtém-se assim uma classificação numérica. A Escala Numérica, Figura 2.4 b), é a mais frequentemente usada e consiste numa escala dividida em onze partes iguais, numeradas sucessivamente de 0 a 10. Pretende-se que o doente faça a equivalência entre a intensidade da dor que sente e a classificação numérica, sendo que o 0 corresponde à classificação “Sem Dor” e o 10 à classificação “Dor Máxima Imaginável”. Na Escala Qualitativa, Figura 2.4 c), solicita-se ao doente que classifica a intensidade da sua dor de acordo com os seguintes adjetivos: “Sem Dor”, “Dor Ligeira”, “Dor Moderada”, “Dor Intensa” ou “Dor

Máxima”. Por último, na Escala de Faces, Figura 2.4 d), usada maioritariamente em crianças, é solicitado ao doente que classifique a intensidade da dor que sente de acordo com a expressão representada em cada face desenhada. A maior parte das crianças entre os quatro e os sete anos prefere o uso desta escala, uma vez que predispõe a criança a avaliar mais o seu estado emocional do que o sensorial, algo que é mais fácil nesta idade [19].

a) Escala Visual Analógica



b) Escala Numérica



c) Escala Qualitativa

SEM DOR	DOR LIGEIRA	DOR MODERADA	DOR INTENSA	DOR MÁXIMA
---------	-------------	--------------	-------------	------------

d) Escala de Faces



Figura 2.4 - As diferentes escalas analógicas para avaliação da intensidade de dor: a) Escala Visual Analógica; b) Escala Numérica; c) Escala Qualitativa; d) Escala de Faces. Adaptado de [18].

2.6 Atividade eletrodérmica

A pele é uma barreira seletiva que impede a entrada de corpos estranhos no corpo e facilita a passagem seletiva de materiais da corrente sanguínea para o exterior do corpo. Atua também como reguladora da temperatura corporal, função primariamente desempenhada pela vasoconstricção e vasodilatação, mas também pela variação na produção de suor, sendo esta a mais importante para o estudo da atividade eletrodérmica [20].

Atividade eletrodérmica (EDA, do inglês Electrodermal Activity) é o termo usado para definir mudanças autonómicas nas propriedades elétricas da pele. A propriedade mais estudada é a condutância da pele, que pode ser quantificada aplicando-se um fluxo de corrente entre dois pontos de contacto com a pele e medindo-se a diferença de potencial elétrico que se estabelece

entre eles. Ou seja, para a recolha do sinal de EDA é necessário então colocar-se dois elétrodos em contacto com a superfície da pele em dois pontos distintos e aplicar uma corrente elétrica. Deste modo criamos uma diferença de potencial entre esses dois pontos, passível de ser medida. Sabendo que a condutância é o inverso da resistência e que, segundo a lei de Ohm, a resistência (R) é igual ao quociente entre a diferença de potencial (V) entre os elétrodos e a corrente elétrica (I) que atravessa a pele, torna-se assim possível calculá-la [21].

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

A unidade SI de condutância é o Siemen (S) e os valores típicos da condutância na pele são na ordem dos microsiemens (μS) ou o micromho ($\mu\Omega$). Ambas as unidades são equivalentes e $1\mu S$ é igual a $1\mu\Omega$. O EDA é um sinal de baixa frequência caracterizado por ter quatro atributos sempre presentes após a realização e percepção de um estímulo: um período de latência, um tempo de subida, uma amplitude e um tempo de meia recuperação. O período de latência é a diferença de tempo entre o momento em que foi aplicado o estímulo e a resposta eletrodérmica, variando normalmente entre 1 a 3 segundos. O tempo de subida é o intervalo de tempo desde o início da resposta eletrodérmica e o valor máximo medido dessa resposta, sendo esse valor máximo a amplitude. O sinal de EDA durante este intervalo de tempo caracteriza-se por ter um declive alto. O tempo de meia recuperação corresponde ao tempo necessário para que o pico da resposta eletrodérmica se reduza a metade e o sinal de EDA durante este intervalo de tempo caracteriza-se por ter um declive mais baixo [22]. Todas estas características são os parâmetros de interesse deste sinal e estão representados na Figura 2.5.

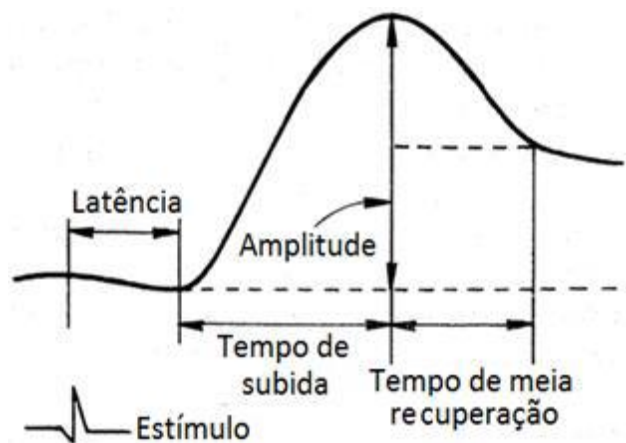


Figura 2.5 – Gráfico representativo das principais características do sinal EDA. Adaptado de [20].

É importante ainda referir que para o mesmo indivíduo a resposta eletrodérmica a diferentes estímulos poderá ser diferente, assim como para o mesmo estímulo o sinal EDA será distinto em indivíduos diferentes, mesmo que as condições de medição sejam exatamente idênticas. De salientar ainda que fatores incontrolláveis durante a medição deste sinal, como a temperatura ambiente ou o estado do paciente (se está ou não com alguma patologia que faça subir a temperatura corporal), podem ter grande influência no EDA. O estado emocional do indivíduo é relevante uma vez que pode alterar o sinal EDA. Emoções como a calma [23], a surpresa, a dor [24] ou a frustração [25] influenciam este sinal. Na ausência de um estímulo, também designado por regime basal, o sinal é inconstante podendo apresentar-se como uma linha horizontal com ligeiras oscilações e por vezes picos esporádicos.

2.6.1 Aplicações do sinal eletrodérmico

Jean Charcot, neurologista francês famoso pelo seu trabalho sobre histeria e hipnose, foi o primeiro a estudar as alterações elétricas da pele há mais de 100 anos. No seu laboratório, em 1888, um dos seus colaboradores fez passar uma pequena corrente elétrica através de dois elétrodos colocados na superfície da pele e descobriu que era possível medir alterações momentâneas na resistência da pele em resposta a uma variedade de estímulos, desde estímulos visuais a olfativos, a gustativos e auditivos. Foi então o começo do estudo da atividade eletrodérmica, que hoje em dia passa por diferentes áreas, como a psicologia ou neurologia [20].

Devido à sua utilidade como indicador de stress do indivíduo, o sinal eletrodérmico é utilizado frequentemente em estudos psicológicos com o objetivo de medir a ansiedade [26]. Este sinal, em vez do eletrocardiograma, é usado para avaliar o estado neurológico de um indivíduo, uma vez que a atividade eletrodérmica é mais suscetível a alterações emocionais do que a atividade cardíaca [27]. O sinal EDA é usado simultaneamente com a pressão sanguínea, os batimentos cardíacos e a frequência respiratória em polígrafos como detetores de mentiras, uma vez que são respostas autonómicas do sistema nervoso, sendo dificilmente alteradas conscientemente [28].

O sinal eletrodérmico é também utilizado em conjunto com a frequência cardíaca no desenvolvimento de vídeo jogos. À semelhança da frequência cardíaca, a atividade eletrodérmica é capaz de traduzir o nível de entusiasmo, frustração, tédio e sua posterior diversão que o jogo pode proporcionar. Deste modo, a recolha destes sinais e análise permite aos produtores adaptar o seu vídeo jogo de modo a proporcionar o nível adequado da emoção pretendida [29].

2.6.2 Processamento do sinal eletrodérmico

Existem vários modelos usados nos dias de hoje para o processamento do sinal eletrodérmico, sendo uns mais complexos que outros. Um dos modelos mais simplistas baseia-se na normalização do sinal EDA medido da seguinte forma [30]:

$$\frac{EDA - média(EDA)}{máx(EDA) - mín(EDA)} \quad (3.1)$$

A evolução dos diferentes modelos tem como motivação os problemas recorrentes na modelação do EDA. Estes problemas ocorrem devido à dificuldade em distinguir dois ou mais eventos sobrepostos, ou seja, quando há uma resposta eletrodérmica do organismo a um ou mais estímulos aplicados num espaço temporal relativamente curto. Este problema é acrescido quando um dos estímulos aplicados promove uma resposta com uma ordem de grandeza superior às restantes, mascarando por completo as demais respostas. Neste sentido, os modelos atuais passam por uma fase primeiramente de identificação e separação de eventos, seguida pela extração dos parâmetros relativos a cada evento distinto [31].

Os primeiros modelos computacionais aplicados no estudo de EDA eram baseados na identificação de máximos e mínimos do sinal, sem considerar os problemas de sobreposição na EDA, usando estes valores para alcançar os parâmetros desejados. Mais recentemente, um modelo do tipo exponencial-sigmoide foi proposto de modo a superar o problema de sobreposição de dois eventos [32]. Outro modelo recente baseia-se num modelo bi-exponencial, modelo esse que segue passos algorítmicos distintos. Este modelo tem uma lacuna na identificação correta dos eventos, uma vez que carece de algumas propriedades importantes como a diferenciação do instante inicial [33].

2.7 Eletrocardiograma

Num exame de eletrocardiografia medem-se os potenciais elétricos criados no coração, sendo o sinal gerado designado por eletrocardiograma (ECG). Este sinal é medido através de elétrodos e observável, por exemplo, num osciloscópio. Existem 12 combinações possíveis de locais diferentes onde se colocam os elétrodos para ser medido o ECG. A estas combinações chamam-se derivações e de todas, são três as principais: derivação I, derivação II e derivação III. Na derivação I, o elétrodo que representa o terminal negativo é colocado no punho direito e o elétrodo representativo do terminal positivo no punho esquerdo. Na derivação II o terminal

negativo é fixado no punho direito e o positivo na perna esquerda. Finalmente, na derivação III o terminal negativo é colocado no punho esquerdo e o positivo na perna esquerda. A conjugação destas três derivações forma o triângulo de Einthoven. Em todas as derivações o sinal medido é diferente, ou seja, cada derivação produz um sinal cuja representação é distinta, apesar de medirem sempre os mesmos potenciais elétricos, embora com contribuições diferentes, o que corresponde aos diferentes sinais medidos [34][35]. Tais diferenças são visíveis na Figura 2.6.

Um sinal típico de ECG é constituído pela onda P, o complexo QRS e pela onda T, sempre por esta ordem, sendo que o complexo QRS é frequentemente separado em três ondas individuais: a onda Q, a R e a S. À onda P corresponde a contração auricular, ao complexo QRS corresponde a contração ventricular e a descontração auricular, apesar desta última não ser visível devido às diferentes ordens de grandeza entre a contração ventricular e a descontração auricular, e a onda T corresponde à descontração ventricular. Como anteriormente referido, o aspeto de todas as ondas depende da derivação que se esteja a considerar [35]. Um parâmetro importante que se consegue extrair do ECG é a frequência cardíaca (FC). Esta é definida como o inverso da diferença do tempo entre duas ondas R consecutivas.



Figura 2.6 – Eletrocardiogramas normais medidos nas três principais derivações, ordenados de cima para baixo da I à III. Adaptado de [35].

ESTADO DA ARTE

Neste capítulo são abordados os estudos já realizados acerca da relação dor-EDA e dor-FC.

3.1 Relação entre o sinal eletrodérmico e a dor

A relação entre o sinal eletrodérmico, assim como outros sinais fisiológicos, com várias emoções, como o tédio, a dor ou a surpresa, já foi anteriormente estudada. Os resultados de um estudo de 2015 revelaram que a surpresa é a emoção que provoca uma maior alteração nas características elétricas da pele. No entanto, a dor, provocada por um aperto no braço, não apresentou uma relação forte com o sinal eletrodérmico [24].

Outro estudo em 2017, também com o intuito de relacionar a dor e a EDA, utilizou o método do *cold pressor test*, método esse que consiste no participante imergir a sua mão em água fria (4°C) durante 1 minuto e simultaneamente ser registado o sinal eletrodérmico na face, assim como a dor sentida através de uma escala analógica. Uma das conclusões deste estudo foi a de que existe de facto uma relação entre a atividade eletrodérmica e a dor provocada por este método [36].

Mais recentemente, em 2018, foi feito mais um estudo com a intenção de relacionar a dor com vários sinais fisiológicos. Os resultados demonstraram que a dor provoca uma alteração significativamente maior no sinal eletrodérmico do que noutros sinais fisiológicos como a frequência cardíaca, pressão arterial média e oximetria [37].

A tese de mestrado realizada pelo investigador Rodrigo Guilherme na Faculdade de Ciências e Tecnologia também em 2018 sugere uma fraca relação entre a dor e a EDA [38]. No entanto, é também concluído que tal pode ser devido ao protocolo realizado não ter sido o mais apropriado. Este consistia na medição do sinal eletrodérmico durante 6 minutos, ao longo dos quais foram realizados 5 movimentos diferentes. A realização de 5 movimentos diferentes

induziu uma variabilidade no sinal eletrodérmico muito grande, não sendo possível concluir se o sinal se alterava devido à dor sentida pelos indivíduos ou pelo facto de os movimentos serem muito diferentes entre eles [38].

3.2 Relação entre a frequência cardíaca e a dor

Um estudo realizado em 2014 concluiu que a frequência cardíaca aumenta após a indução de dor, sendo esta relação comprovada por outro estudo realizado em 2016, que concluiu também que a presença de dor aguda leva a um aumento da frequência cardíaca. Este último estudo foi realizado em 15 indivíduos saudáveis, nos quais ao fim de 5 minutos de recolha de sinal basal, através do *cold pressor test*, foi induzido dor [39][40].

Mais recentemente, em 2018, foi realizado um estudo em 797 indivíduos, sendo 52% saudáveis, 16.9% tinham dores no peito, consequência de terem bradicardia, e 31.1% tiveram uma ocorrência de um evento cardíaco adverso grave (infarto agudo de miocárdio por exemplo). Os resultados demonstram que nos indivíduos com dores no peito devido a bradicardia, a frequência cardíaca é superior aos restantes [41].

Através da análise destes estudos é possível constatar a possível e provável existência de uma relação entre o sinal eletrodérmico e a dor, assim como da frequência cardíaca e a dor. É assim necessário realizar novos estudos de modo a ser possível a descoberta de um novo algoritmo capaz de determinar com exatidão o nível de dor sentida, com o intuito de substituir as medições subjetivas obtidas através das escalas analógicas utilizadas no meio clínico.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este capítulo descreve os métodos que foram utilizados para a obtenção dos resultados. Deste modo, é importante conhecer os instrumentos usados, descrever qual o procedimento adotado durante a recolha de dados e a definição e caracterização da amostra.

4.1 Instrumentos utilizados

Para a recolha dos dados foi utilizado o equipamento *biosignalsplux*. Este aparelho contém a placa de *Wireless 8-channel hub*, os sensores e os elétrodos. O *hub*, representado na Figura 4.1, contém 8 portas analógicas genéricas de *input*, 1 porta auxiliar digital *I/O* e 1 porta auxiliar *Ground*. A resolução pode ir até 16-bits por canal e a frequência de aquisição pode ser no máximo 4000 Hz. A comunicação é feita através de *Bluetooth* com um alcance máximo de 10 metros. Tem uma memória interna de 8 GB e a bateria tem uma duração aproximada de 10 horas para *streaming* e 24 horas para *logging* [42].



Figura 4.1 – Equipamento biosignalsplux com a placa de 8 canais e sensores. Retirado de [42]

Dos sensores disponíveis, foram usados um sensor de EDA, para medir o sinal eletrodérmico, um sensor ACC (acelerómetro), com o intuito de auxiliar na marcação temporal e um sensor de ECG. O sensor de ECG tem 3 canais e o sensor de EDA tem 2 onde os elétrodos são ligados, após a sua fixação no indivíduo. É através deste conjunto canais/elétrodos que é feita a recolha da EDA e do ECG [43].

De notar que os sinais EDA e ECG recolhidos com este equipamento não se encontram nas unidades do sistema internacional (*siemens* e *volt*), sendo necessário convertê-lo através das seguintes expressões:

$$EDA(\mu S) = \frac{\frac{ADC}{2^n} \times 3}{0.12} \quad (4.1)$$

$$EDA(S) = EDA(\mu S) \times 10^{-6} \quad (4.2)$$

$$ECG(V) = \frac{\left(\frac{ADC}{2^n} - \frac{1}{2}\right) \times 3}{1000} \quad (4.3)$$

$$ECG(mV) = ECG(V) \times 1000 \quad (4.4)$$

ADC – Valor retirado do canal

n – Número de bits do canal (16 por *default*)

4.2 Definição e caracterização da amostra

A realização deste estudo foi possível devido à colaboração de dois grupos distintos de indivíduos, P (grupo de pacientes com patologia no ombro) e SemP (grupo de indivíduos sem patologia no ombro). Fazem parte do grupo P 21 participantes (15 do sexo feminino e 6 do sexo masculino), todos caracterizados por terem contraído uma lesão no ombro que provoca dor, sendo esta lesão diagnosticada genericamente como músculo-esquelética. Todos os indivíduos com patologia no ombro integraram os cuidados do departamento de Terapia Ocupacional na área de Medicina Física e Reabilitação do Hospital Curry Cabral. Este grupo apresenta uma

média de idades de 64 ± 12 anos, sendo tendinite a patologia mais predominante, estando presente em 9 dos 21 participantes. De salientar que apesar de apresentarem patologias no ombro que causam dor, todos os indivíduos participaram no estudo de forma voluntária e conscientes de como decorreria o protocolo, sendo este interrompido em caso de dor extrema ou de vontade do participante. O grupo SemP é composto por 18 indivíduos (11 do sexo masculino e 7 do sexo feminino), sendo estes considerados como saudáveis, uma vez que não apresentam qualquer patologia no ombro. Este grupo apresenta uma média de idades de 24 ± 3 anos.

Foi necessário a criação de critérios de exclusão para ambos os grupos, de modo a obterem-se resultados mais fidedignos. Deste modo, no grupo P foram eliminados o paciente P_01, P_07 e P_21. Os dois primeiros devido ao cumprimento incorreto do protocolo e o último por possuir um sinal com muito ruído, provavelmente devido à colocação incorreta dos elétrodos. No grupo SemP foram removidos os participantes SemP_12 e SemP_18 por apresentarem um sinal muito diferente dos restantes, talvez também pela incorreta colocação dos elétrodos.

4.3 Definição do protocolo experimental

Em conjunto com os terapeutas ocupacionais do Hospital Curry Cabral foram definidos os movimentos a efetuar assim como todos os passos a exercer durante o protocolo, sendo este posteriormente aceite pela Comissão de Ética do hospital. O protocolo experimental segue sempre 3 passos sequenciais:

1) Explicação do protocolo experimental

Inicialmente é sempre explicado aos participantes, oralmente e por escrito, o objetivo do estudo e como funcionará a recolha de dados, de modo a se obter o consentimento informado (Apêndice B). Se o participante concordar com a sua colaboração no estudo o consentimento informado é assinado. Após este primeiro passo será necessário preencher um pequeno formulário designado para caracterizar o indivíduo (idade, profissão, medicação, entre outros) (Apêndice B).

2) Colocação dos elétrodos

Após o preenchimento do formulário prossegue-se com a colocação dos elétrodos. Os dois elétrodos do sensor EDA são colocados na face anterior da mão, como é visível na Figura 4.2. A mão onde se colocam os elétrodos será sempre a contrária ao braço que irá fazer os movimentos, uma vez que para não interferir com o sinal medido, a mão terá de estar o mais estática possível. São ainda colocados os 3 elétrodos referentes ao ECG, dois no peito e um no

pé direito junto ao osso talus, como evidenciado na Figura 4.3. O elétron colocado no talus é o correspondente à “terra”. No caso dos indivíduos saudáveis, o braço que realiza os movimentos é sempre o que corresponde à mão dominante.

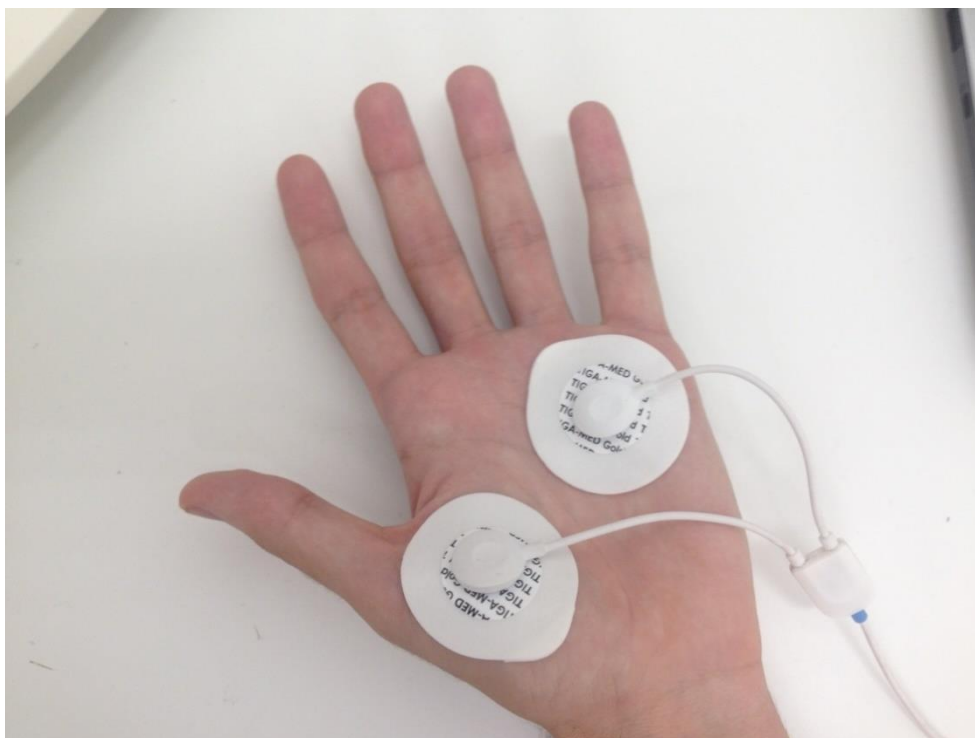


Figura 4.2 – Exemplo da colocação dos elétrodos correspondentes ao sinal de EDA na face anterior da mão de um participante, momentos antes de uma recolha.



Figura 4.3 – Exemplo da colocação dos elétrodos correspondentes ao sinal de ECG no peito e no talus de um participante, momentos antes de uma recolha.

3) Aquisição dos sinais EDA, ACC e ECG

Para a aquisição destes sinais foi usado o programa *OpenSignals*. Foi também criado um vídeo com a duração exata da recolha, para auxiliar na aquisição dos dados. No vídeo está indicado quais os movimentos a realizar e os instantes em que os participantes os têm de efetuar. Numa primeira fase os participantes encontram-se sentados em repouso. Ao fim de 1 minuto e 30 segundos realizam o primeiro movimento – flexão do ombro com extensão do cotovelo – seguido de mais um período de 1 minuto e 30 segundos em repouso. Após este segundo período de repouso os participantes realizam o segundo movimento – rotação interna do ombro com flexão do cotovelo. Ambos os movimentos estão representados na Figura 4.4.

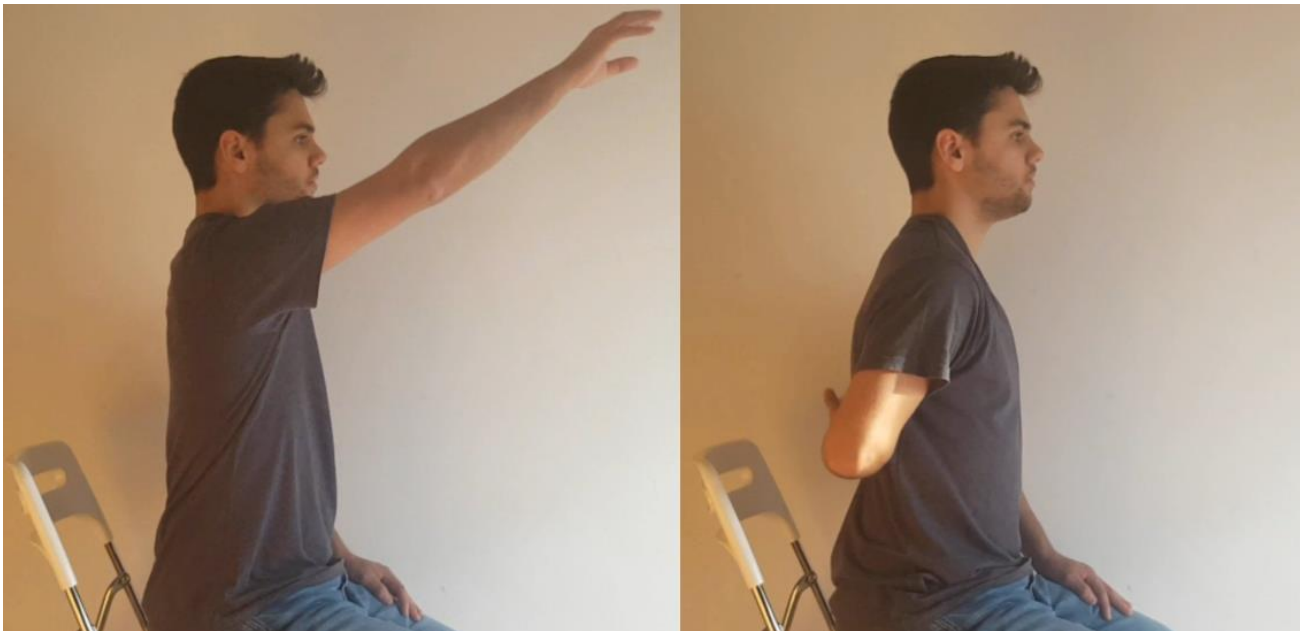


Figura 4.4 – Representação dos dois movimentos efetuados durante a recolha de dados. À esquerda - flexão do ombro com extensão do cotovelo, e à direita - rotação interna do ombro com flexão do cotovelo.

Este processo prolonga-se até que se registem 6 flexões do ombro com extensão do cotovelo e 5 rotações do ombro com flexão do cotovelo terminando-se com um período de repouso. Após cada movimento é perguntado ao participante a intensidade da dor que sentiu, referente à escala analógica de dor numérica, e a resposta é adicionada ao formulário do participante. É pedido também aos participantes que efetuem um pouco mais de esforço nos últimos três movimentos, por forma a provocar um ligeiro aumento na dor sentida. A marcação temporal dos movimentos é realizada pelo sensor ACC. Uma rotação do sensor de cima para baixo indica o início de um movimento e uma rotação de baixo para cima indica o final desse mesmo movimento. Importante ainda referir que a escolha dos movimentos foi feita de acordo

com a generalidade de intensidade da dor que cada movimento provocou no estudo de 2018 do investigador Rodrigo Guilherme, ou seja, o movimento de flexão do ombro com extensão do cotovelo foi escolhido por induzir uma dor mínima na maior parte dos participantes e o movimento de rotação do ombro com flexão do cotovelo foi escolhido por induzir uma dor máxima na maior parte dos participantes nesse estudo.

4.4 Processo de análise dos dados

Após a realização do protocolo, do programa *OpenSignals* são retirados os ficheiros gravados com a extensão *.txt*, uma vez que é o formato que mais facilita o processamento e análise dos dados através do programa *Matlab*. Na Figura 4.5 está representado um ficheiro gravado com o *OpenSignals*. As colunas 3, 4 e 5 têm informação do ACC, a 6 do EDA e a 7 do ECG.

```
# OpenSignals Text File Format
# {"00:07:80:D8:AB:68": {"sensor": ["XYZ", "XYZ", "XYZ", "EDA", "ECG"]},
# EndOfHeader
0      0      28263  32919  32999  18481  32231
1      0      28262  32919  33005  18513  32307
2      0      28259  32915  32985  18573  32241
3      0      28262  32919  32982  18631  32371
4      0      28257  32919  32991  18671  32411
5      0      28240  32919  32980  18685  32258
6      0      28244  32927  32989  18693  32108
7      0      28249  32911  32995  18691  32258
8      0      28264  32903  32999  18686  32399
9      0      28280  32899  32991  18664  32245
10     0      28264  32897  32999  18656  32253
11     0      28277  32892  33009  18631  32100
12     0      28285  32875  33007  18567  32261
```

Figura 4.5 – Trecho de um ficheiro obtido através do OpenSignals.

O ficheiro é então exportado para o *Matlab* onde são retiradas as três primeiras linhas e atribuídas às colunas variáveis correspondentes. Como já referido, as unidades do sinal de EDA recolhido não são as de interesse (μS) e por isso aplicam-se as expressões 4.1 e 4.2. Dos três sinais de ACC o importante é o referente ao eixo X (coluna 3 do ficheiro *.txt*) uma vez que é o que tem a informação temporal relativa ao início e fim dos movimentos. Não há necessidade de converter as unidades deste sinal uma vez que é apenas importante os instantes temporais em que ocorrem os movimentos. Assim facilmente podemos corresponder os valores do sinal ACC aos tempos dos movimentos, Figura 4.6, tornando possível a separação e análise movimento a

movimento. Para esta análise são extraídos os parâmetros já referidos no capítulo Enquadramento Teórico (amplitude, o tempo de subida e o tempo de meia recuperação). Relativamente ao ECG, o sinal recolhido também não está nas unidades de interesse (mV) e por isso aplica-se as expressões 4.3 e 4.4.

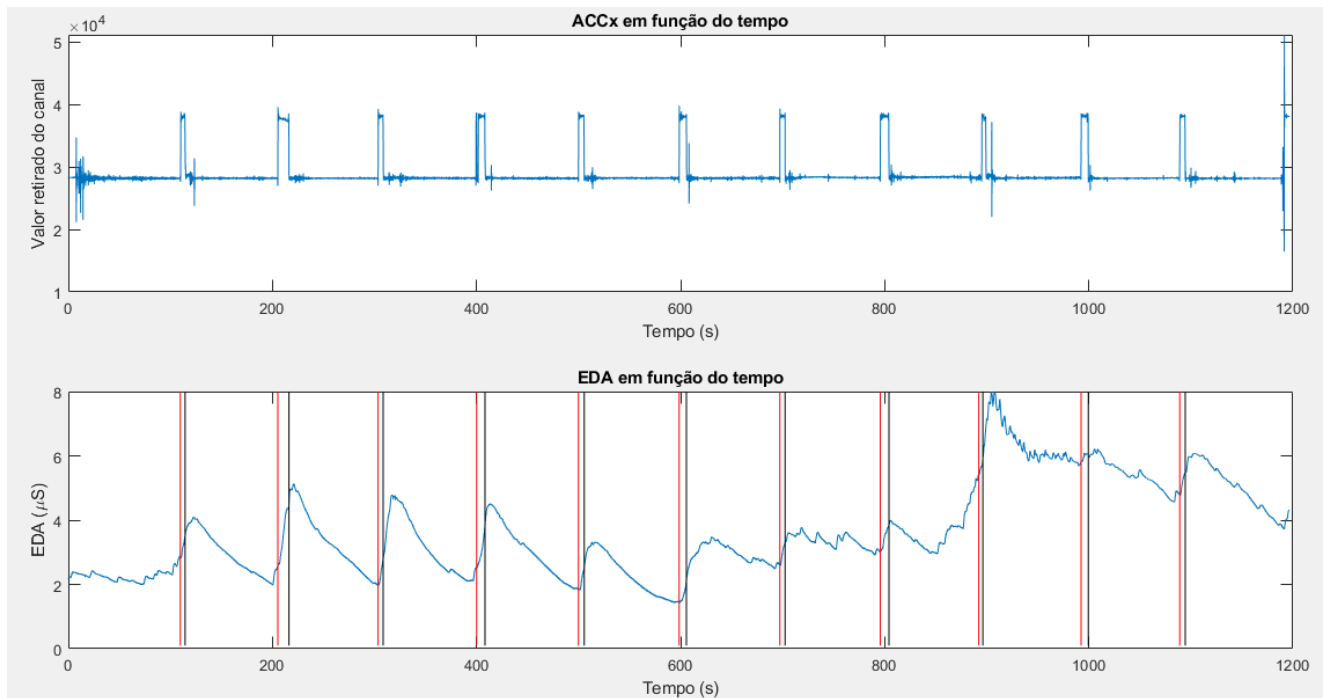


Figura 4.6 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X e correspondência dos valores deste ao início e fim dos movimentos no sinal EDA, sendo as linhas a vermelho e a preto o início e o fim de cada movimento, respetivamente. Sinais relativos ao indivíduo P_03.

O próximo passo é o de suavizar o sinal de EDA uma vez que este apresenta algum ruído. Para tal é aplicado um filtro média deslizante. A janela deste filtro é de 5 pontos e o método utilizado foi o *Savitzky-Golay*. O resultado desta suavização torna-se evidente quando comparamos a figura anterior com a Figura 4.7.

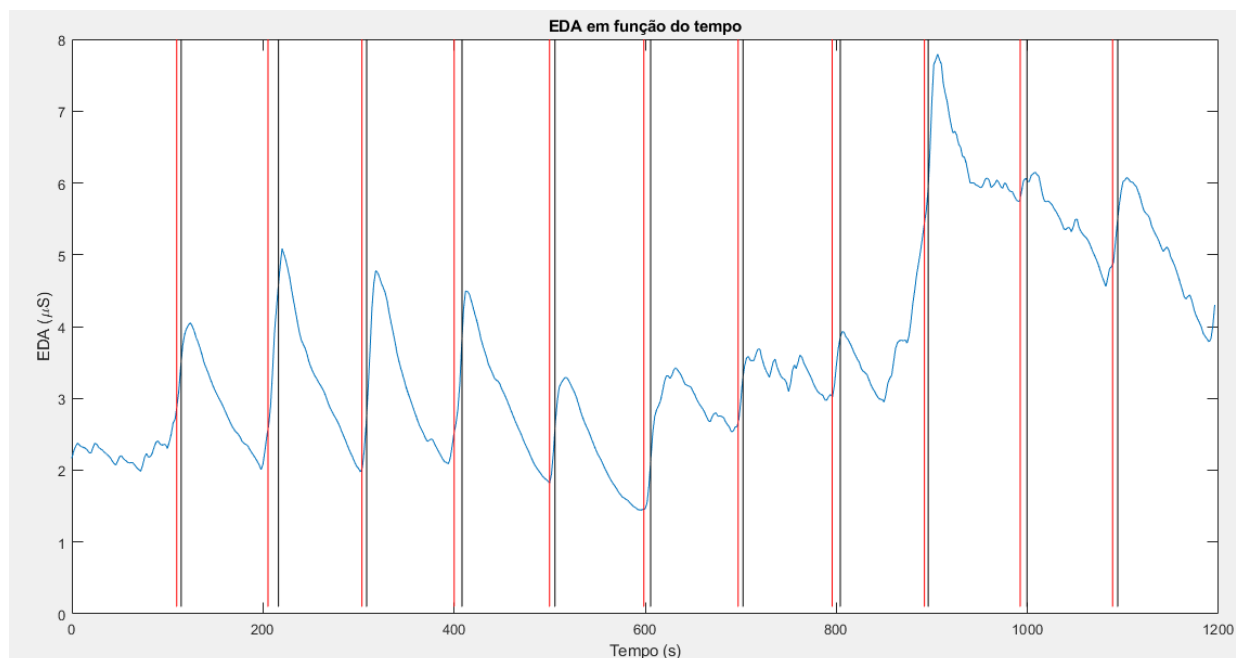


Figura 4.7 – Sinal eletrodérmico (μS) do indivíduo P_03 e instantes do início, assinalado a vermelho, e fim, assinalado a preto, dos movimentos após a utilização de um filtro média deslizante.

Para cada movimento é encontrado o valor máximo da resposta ao estímulo e a linha de base, de modo a se poder calcular a amplitude, o tempo de subida e o tempo de meia recuperação. Uma vez que a maioria das respostas apresenta uma configuração semelhante à presente na Figura 2.5, torna-se simples a extração destas duas características. O valor máximo da resposta ao estímulo é sempre o valor de maior amplitude do movimento e a linha de base é o ponto de concavidade virada para cima, encontrada sempre à esquerda do ponto de maior amplitude. Tanto o valor máximo como o valor da linha de base foram extraídos de forma manual, não correndo assim o risco de falsos valores para estas características essenciais.

Uma vez extraídos estes dois parâmetros é agora possível calcular a amplitude da resposta ao estímulo, o tempo de subida e o tempo de meia recuperação. A amplitude é a diferença entre o valor máximo da resposta e o valor da linha de base. O tempo de subida é calculado através da diferença entre os índices temporais dos pontos de amplitude máxima e linha de base. O tempo de meia recuperação requer mais cálculo, uma vez que é necessário calcular o ponto de amplitude a meia altura. Este ponto terá uma amplitude igual à diferença do valor máximo e metade da amplitude da resposta ao estímulo e encontra-se sempre à direita da resposta ao estímulo. Calcula-se então o tempo de meia recuperação fazendo a diferença dos índices temporais entre este ponto agora encontrado e o ponto de amplitude máxima [22].

Na Figura 4.8 encontra-se o eletrocardiograma recolhido ao longo da duração do protocolo. O processamento efetuado sobre este sinal é simples, recorrendo-se apenas à deteção das ondas R com o intuito de se criar um gráfico que apresente a frequência cardíaca em função do tempo. Como já referido anteriormente, a frequência cardíaca é o inverso do intervalo de tempo entre ondas R consecutivas. Estas foram detetadas com o auxílio da função *findpeaks*, tendo sido usadas as opções de distância mínima entre picos (20 pontos) e altura mínima de um pico (5 vezes a média da proeminência de todos os picos). Após a criação deste gráfico e devido a identificações de ondas R erradas, é efetuada uma suavização do sinal, eliminando assim as falsas ondas R. Tal é visível na Figura 4.9. Esta suavização foi realizada com a função *medfilt1*, que aplica um filtro mediana ao sinal. Foi escolhido um filtro mediana de 10ª ordem.

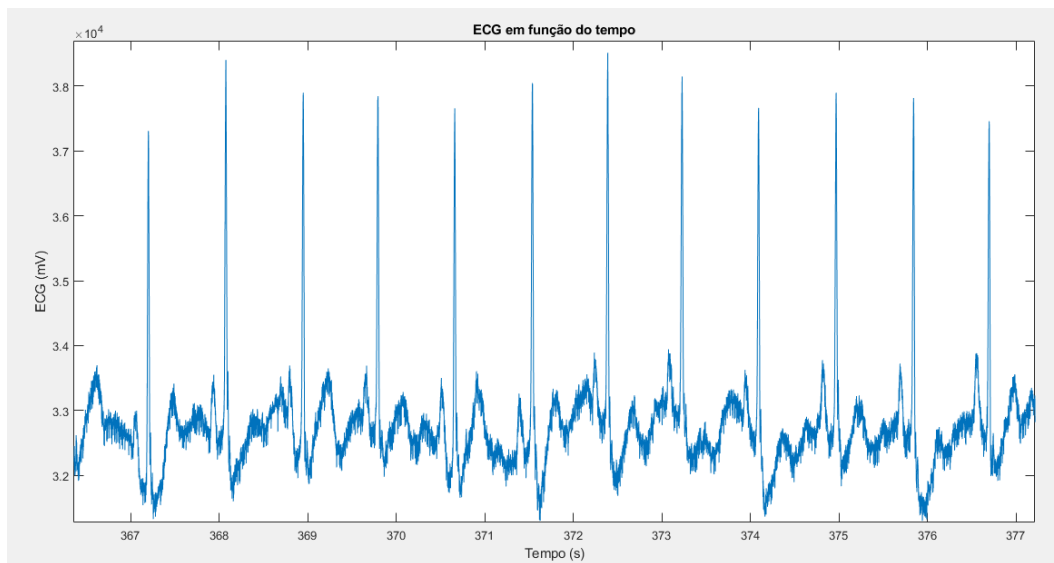


Figura 4.8 – Eletrocardiograma (mV) registado durante a recolha dos dados ao indivíduo P_03.

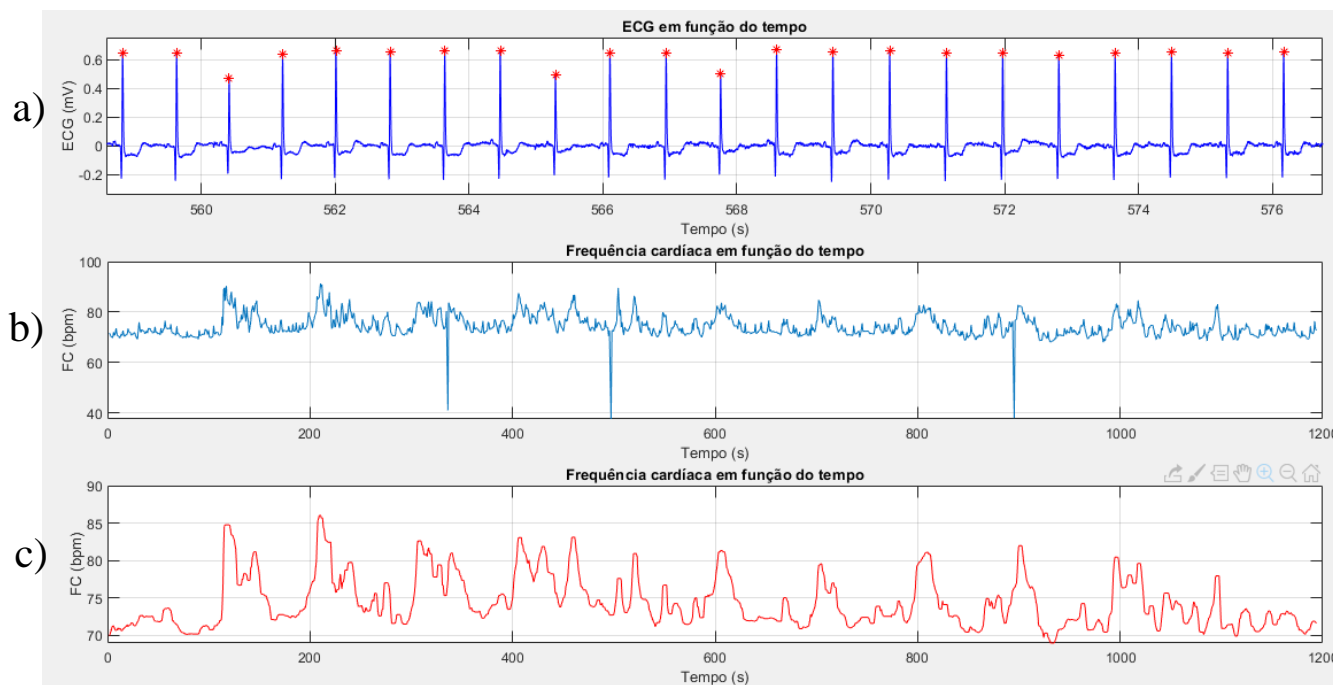


Figura 4.9 – ECG sem o valor médio, gráfico a), e gráficos da frequência cardíaca em função do tempo, gráfico original b) e gráfico suavizado c). Sinais relativos ao indivíduo P_02.

Após a criação deste último gráfico, e de forma análoga ao efetuado para o sinal eletrodérmico, extrai-se o valor máximo da resposta ao movimento e o valor da linha de base, de forma a se poder calcular a amplitude desta resposta. Sendo os instantes de início e fim do movimento os mesmos no gráfico da frequência cardíaca e o da EDA em função do tempo, é fácil a identificação da resposta cardíaca aos movimentos/dor.

Com o objetivo de se perceber se em pessoas sem patologia a dor se relacionava de forma diferente com o EDA, foram usados dados de um outro estudo também realizado na Faculdade de Ciências e Tecnologia. Este teve como objetivo a validação de o uso da luva “GNeuroPathy” num ambiente clínico e foi efetuado em 37 participantes, todos eles saudáveis. O protocolo deste estudo consistiu na recolha de os sinais da atividade muscular e eletrodérmica, tendo os participantes sido estimulados com cinco estímulos diferentes: agulha (para incutir dor), lixa, algodão, quente e frio. Após a colocação dos elétrodo e da luva, os participantes foram estimulados três vezes por cada estímulo e durante 10 segundos cada vez. Ou seja, começando pelo estímulo agulha, os participantes foram picados ao nível dos dedos durante 10 segundos em três instantes diferentes. Após a terceira vez o estímulo é alterado para a lixa seguindo-se depois os restantes estímulos. Os elétrodo referentes ao EDA foram

colocados na face anterior da mão direita e apesar de ser um dos objetivos a recolha do sinal da atividade muscular, este não foi recolhido. Após a recolha dos dados referentes aos cinco estímulos, o protocolo termina [44]. Para o estudo da relação dor-EDA considerou-se apenas os dados relativos aos estímulos agulha e algodão, assumindo-se assim que o estímulo agulha provoca dor e o algodão não.

Terminando toda a fase de extração dos parâmetros de interesse, é agora possível estudá-los de forma a perceber se existe relação entre os sinais fisiológicos recolhidos e a dor.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através do protocolo experimental realizado, assim como alguns resultados alcançados através do outro estudo já mencionado.

Todos os gráficos e dados obtidos, tanto antes como depois do processamento e análise, encontram-se no Apêndice C ordenados por participante.

5.1 Resultados do estudo da validação da luva “GNeuroPathy”

De modo a se compreender se existe alguma relação entre a dor e a EDA em indivíduos sem patologia, recorreu-se primeiramente aos resultados do estudo referido anteriormente. É relevante referir que o protocolo experimental realizado não foi o mais adequado para estudar esta relação, uma vez que nem era este um dos objetivos do estudo. A EDA foi medida na face anterior da mão, o que leva a sinais eletrodérmicos com mais ruído e menor amplitude do que quando medidos ao nível da palma da mão. Outro aspeto negativo relativo ao procedimento é o facto de os estímulos terem sido efetuados continuamente durante 10 segundos em vez de uma única vez, tornando assim difícil a extração dos parâmetros de interesse do sinal eletrodérmico. Existe também a limitação de não se ter usado uma escala de dor para avaliar a dor sentida nos estímulos que a provocassem. Assim, e como já referido anteriormente, considerou-se apenas os dados relativos aos estímulos agulha e algodão, assumindo-se assim que o estímulo agulha provoca dor e o algodão não.

Os resultados demonstram que 92% dos participantes obteve uma amplitude do sinal eletrodérmico mais elevada quando estimulados com a agulha. Número elevado que sugere que há de facto uma relação entre a dor e a EDA. Na Figura 5.1 encontram-se os sinais EDA de um

dos indivíduos que apresenta esta relação. O primeiro sinal corresponde ao estímulo agulha e o segundo ao algodão.

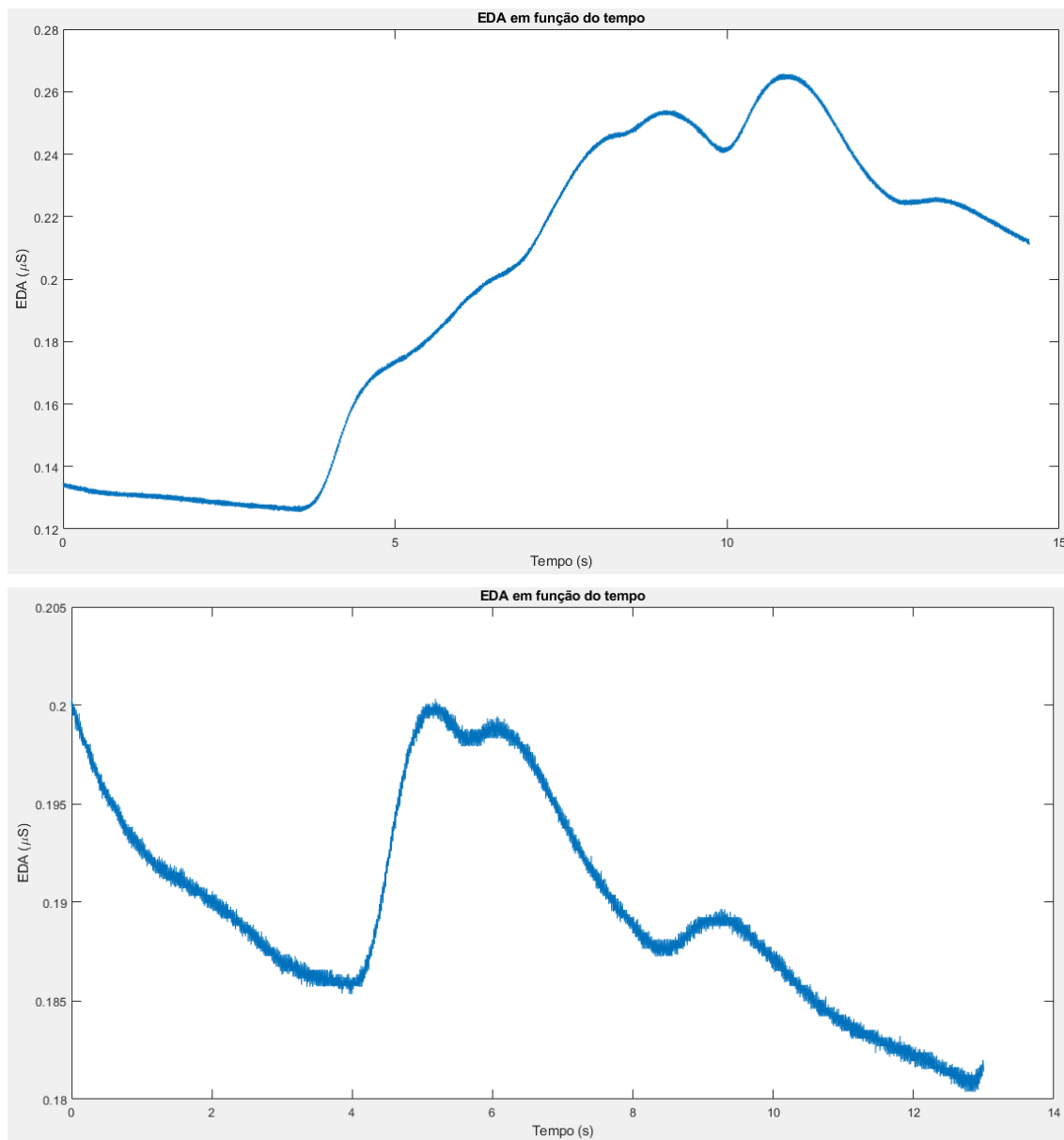


Figura 5.1 – Amplitude do sinal eletrodérmico referente aos estímulos agulha (em cima) e algodão (em baixo).

5.2 Apresentação dos Resultados do estudo relação dor-EDA e dor-FC

5.2.1 Indivíduos sem Patologia

A primeira ideia importante a referir é que mesmo sem provocar dor, os movimentos efetuados durante o protocolo experimental provocam um aumento do sinal EDA, como já seria de esperar. Na Figura 5.2 encontra-se um gráfico de colunas referente ao participante SemP_01, estando representada a amplitude da EDA ao longo da sequência dos movimentos.

Amplitude EDA em função do movimento

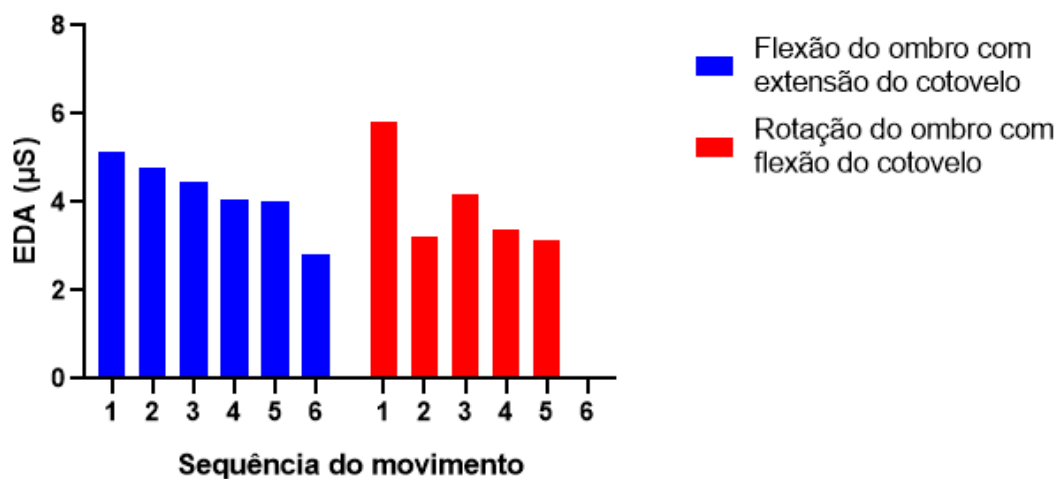


Figura 5.2 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_01.

É visível que a amplitude do sinal eletrodérmico começa por ser mais alto nos primeiros movimentos e vai diminuindo gradualmente. Efeito este que acontece para cerca de um terço dos participantes saudáveis, sendo que os restantes demonstram uma amplitude semelhante ao longo do protocolo ou, em casos raros, um aumento desta. Tal poderá ser devido a fatores externos ao protocolo experimental (temperatura da sala e estímulos auditivos involuntários, por exemplo).

É também relevante salientar que a amplitude da resposta ao estímulo não é dependente do movimento, ou seja, os dois movimentos realizados durante o protocolo experimental apresentam uma amplitude média semelhante. Será ainda fácil de compreender que, havendo uma diminuição gradual da amplitude da EDA ao longo do protocolo e que este começa com a flexão do ombro com extensão do cotovelo, a amplitude média deverá ser maior para este

movimento quando comparada com o movimento de rotação do ombro com flexão do cotovelo. Tal está demonstrado na Figura 5.3, também referente ao mesmo participante SemP_01.

Amplitude média de EDA em função do movimento

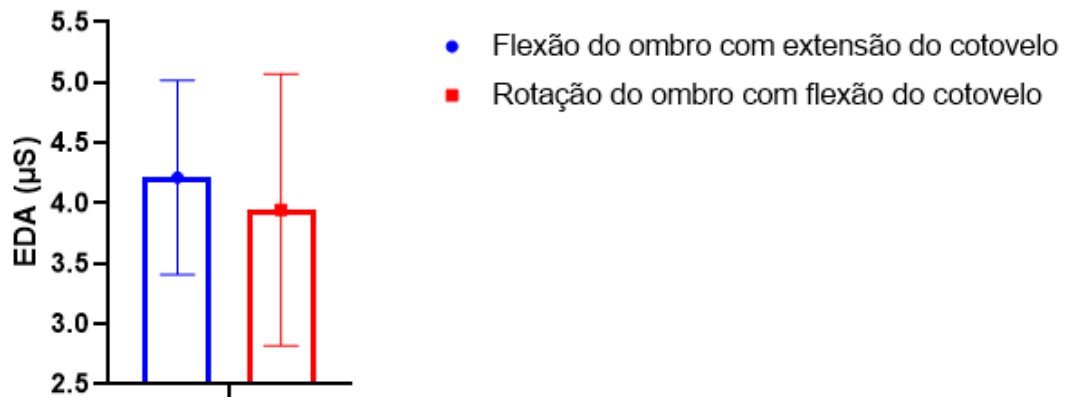


Figura 5.3 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_01.

Esta ideia é também corroborada pelo gráfico exposto na Figura 5.4. Este foi obtido pela normalização das amplitudes de todos os indivíduos sem patologia individualmente e, de igual forma, foi feita a média aritmética e o desvio padrão para os dois movimentos efetuados. Esta normalização foi feita dividindo a amplitude máxima de cada indivíduo pelas restantes, obtendo-se assim para todos os indivíduos amplitudes entre 0 e 1.

Amplitude da EDA Normalizada em função do movimento

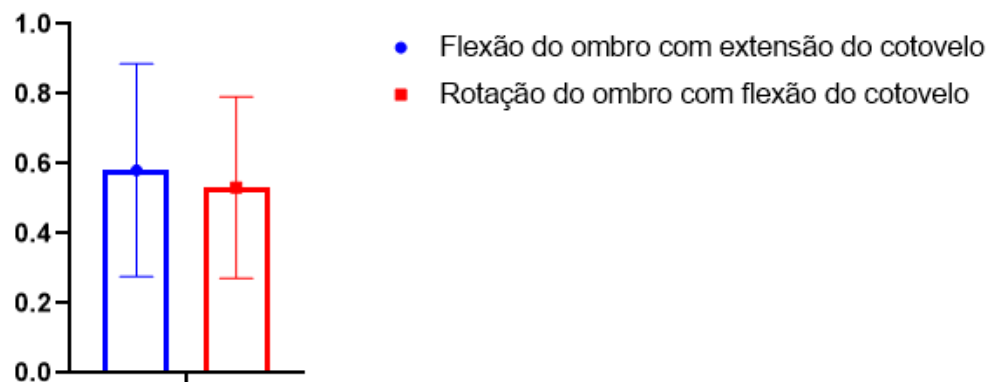


Figura 5.4 – Amplitude média normalizada do sinal eletrodérmico de todos os participantes sem patologia para os dois movimentos efectuados.

De uma forma semelhante ao sinal da EDA, a frequência cardíaca também tem um aumento após a realização de um movimento. Na Figura 5.5 está representado o gráfico de colunas da frequência cardíaca ao longo da sequência dos movimentos, referente ao participante SemP_17, sendo este um exemplo ilustrativo do restante grupo Sem_P.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

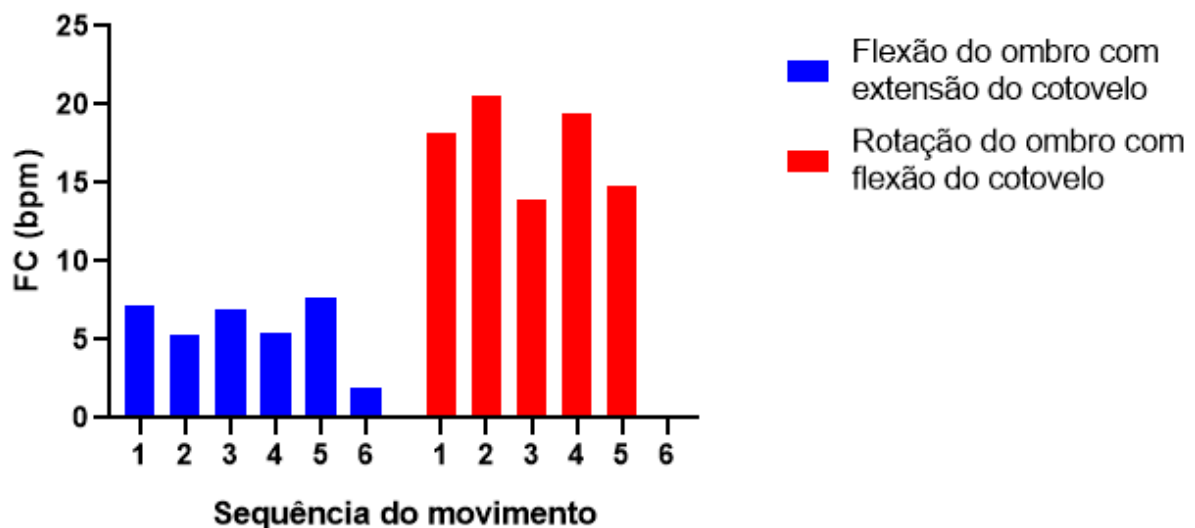


Figura 5.5 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_17.

Neste gráfico é evidente que há uma diferença na amplitude da FC relativamente aos dois movimentos. Este é um efeito manifestado em mais de metade dos participantes sem patologia. Os restantes apresentam uma média de amplitudes de FC semelhantes entre os dois movimentos, como é o caso de indivíduo SemP_13, cujo gráfico da amplitude média da FC para os dois movimentos se encontra na Figura 5.6.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

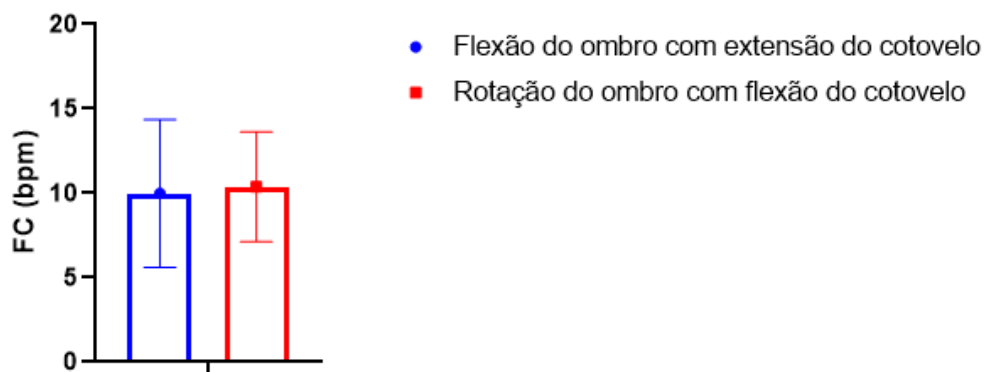


Figura 5.6 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_13.

Deste modo, quando normalizadas todas as amplitudes de todos os indivíduos sem patologia, o movimento de rotação do ombro com flexão do cotovelo apresenta uma média aritmética superior ao movimento de flexão do ombro com extensão do cotovelo. Tal é evidenciado na Figura 5.7.

Amplitude normalizada da FC em função do movimento

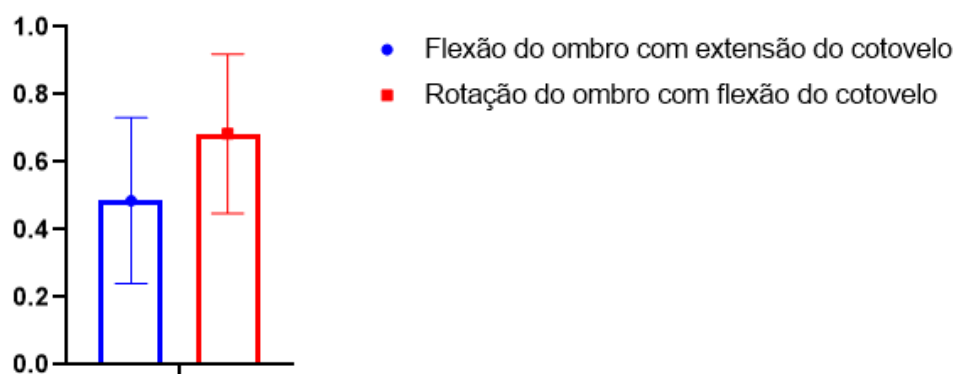


Figura 5.7 – Amplitude média normalizada da FC de todos os participantes sem patologia para os dois movimentos efectuados.

5.2.2 Indivíduos com Patologia

Na Figura 5.8 encontra-se um gráfico de colunas referente ao participante P_20, estando representada a amplitude da EDA ao longo da sequência dos movimentos.

Amplitude EDA em função do movimento

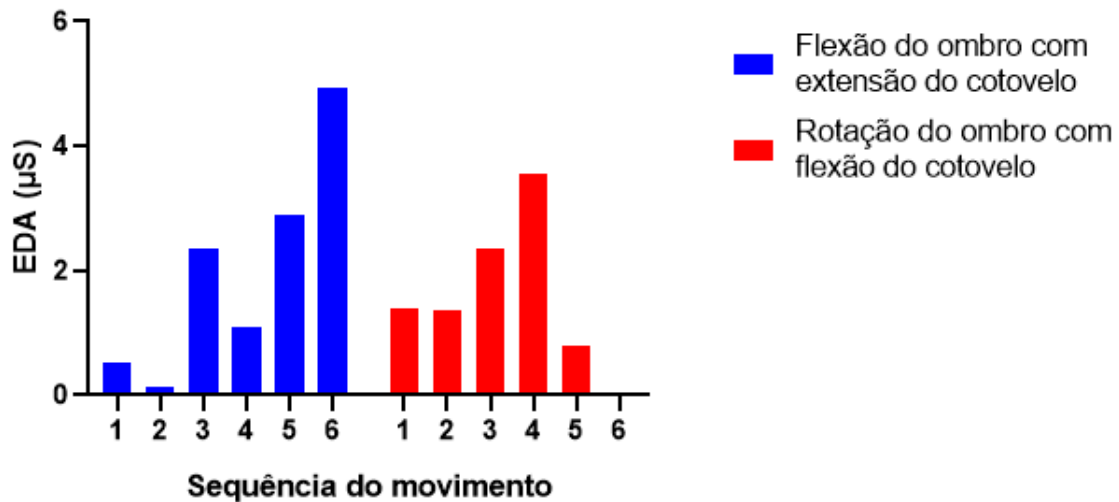


Figura 5.8 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_20.

Imediatamente é visível que a amplitude da EDA não se mantém constante e não aumenta ou diminui gradualmente ao longo da sequência dos movimentos. Este efeito está presente em 90% dos participantes com patologia. Esta diferença relativamente ao que acontece para os indivíduos sem patologia terá de ser então explicada pela dor sentida aquando da realização dos movimentos.

Na Figura 5.9 encontra-se o gráfico da média do score de dor por movimento. Este demonstra que para a rotação do ombro com flexão do cotovelo, em média, os indivíduos com patologia sentem mais dor, confirmando assim a escolha acertada dos dois movimentos a realizar durante a recolha de dados.

Score de dor médio em função do movimento

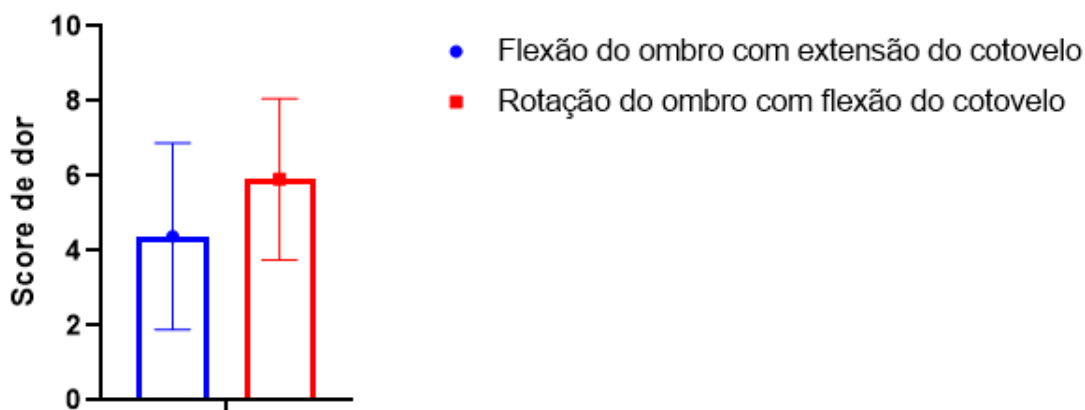


Figura 5.9 – Score de dor médio e respetivo desvio padrão de todos os participantes com patologia em função dos movimentos realizados.

Em seguida, na Figura 5.10, encontra-se o gráfico da amplitude média normalizada em função do movimento de todos os indivíduos com patologia. A normalização foi feita de igual forma ao referido anteriormente. Enquanto que para os indivíduos sem patologia a média relativa à flexão do ombro com extensão do cotovelo é maior, para os indivíduos com patologia a rotação do ombro com flexão do cotovelo apresenta uma média ligeiramente maior. Tal poderá ser explicado pela média do score de dor ser maior para a rotação do ombro com flexão do cotovelo.

Amplitude da EDA Normalizada em função do movimento

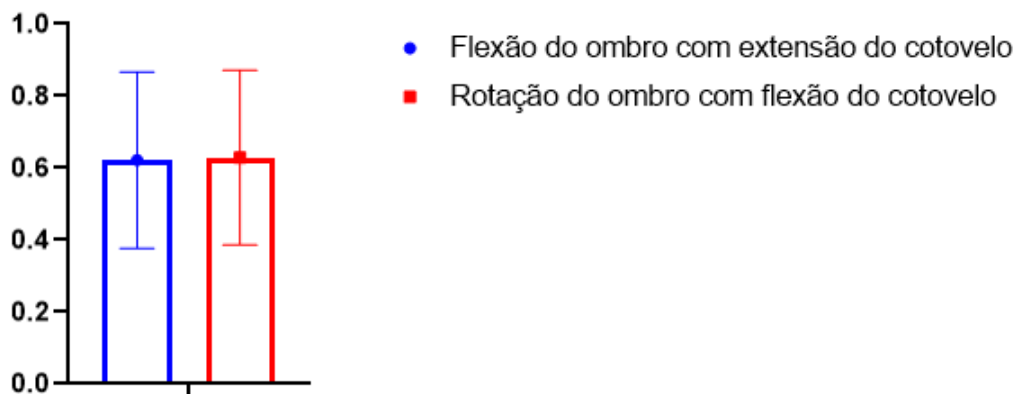


Figura 5.10 – Amplitude média normalizada da EDA de todos os participantes com patologia para os dois movimentos efectuados.

De forma semelhante à análise feita ao sinal eletrodérmico, na Figura 5.11 está representado o gráfico da amplitude média normalizada da frequência cardíaca de todos os participantes com patologia em função dos dois movimentos. De igual forma ao que se verifica para os indivíduos sem patologia, a rotação do ombro com flexão do cotovelo apresenta uma média superior. Deste modo não é possível concluir se existe alguma relação dor-FC, porém, não é possível concluir que esta relação não existe.

Amplitude da FC Normalizada em função do movimento

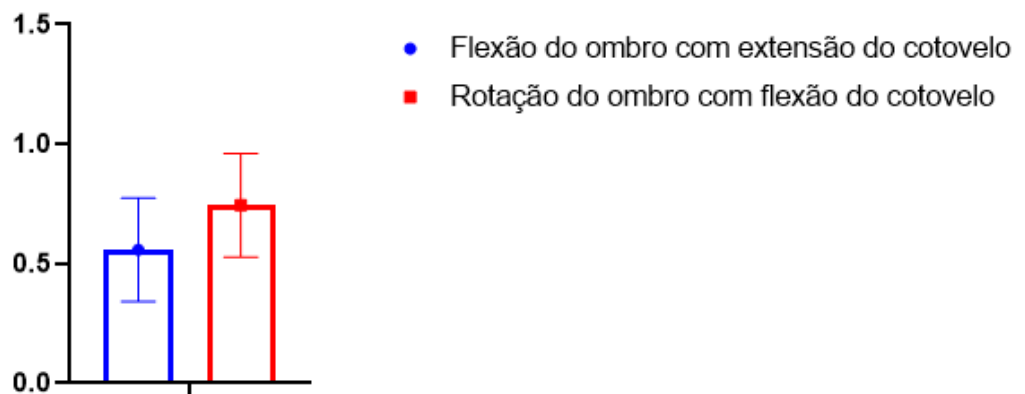


Figura 5.11 – Amplitude média normalizada da FC de todos os participantes com patologia para os dois movimentos efectuados.

De modo a se perceber de que forma é que a dor influencia o sinal eletrodérmico, foram criados gráficos da amplitude da EDA em função do score de dor para todos os indivíduos com patologia. Na Figura 5.12 encontra-se este gráfico referente ao mesmo participante P_20.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

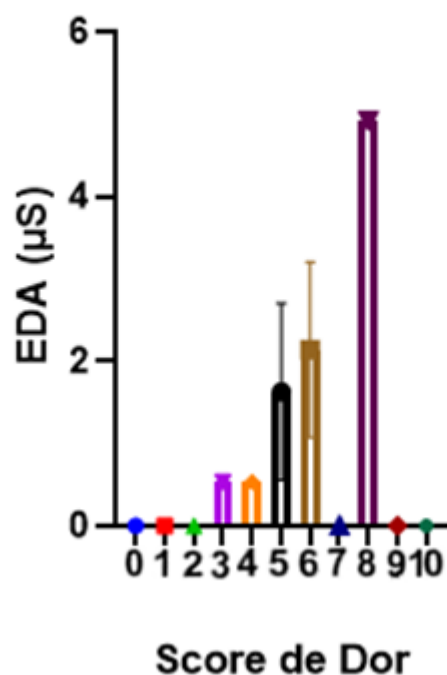


Figura 5.12 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_20.

Como é evidenciado pelo gráfico da Figura 5.12, para níveis de dor mais elevados correspondem também amplitudes da EDA mais elevadas. No caso do indivíduo P_12, entre outros, este efeito não é tão facilmente visível. Uma vez que a diferença entre níveis de dor consecutivas é muito difícil de distinguir, decidiu-se dividir a escala de dor em três partes: dor mínima (níveis de dor 0, 1, 2 e 3), dor média (níveis de dor 4, 5 e 6) e dor máxima (níveis de dor 7, 8, 9 e 10). Deste modo torna-se ainda mais evidente que quando a dor sentida é maior, também é maior a amplitude do sinal da EDA. Nas Figuras 5.13 e 5.14 encontram-se os gráficos da amplitude da EDA em função do score de dor referentes ao indivíduo P_12, antes e depois da divisão da escala de dor, respetivamente.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

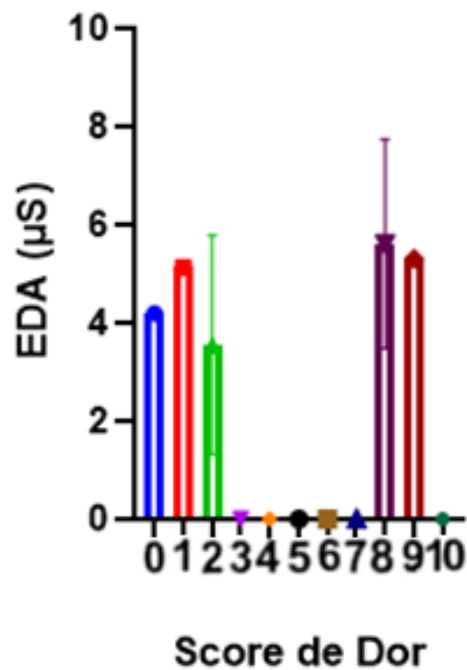


Figura 5.13 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_12.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

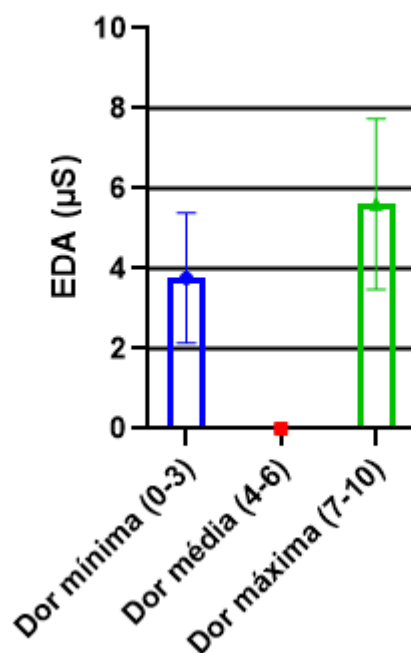


Figura 5.14 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_12.

Tendo em conta todos os indivíduos com patologia, criou-se um gráfico da amplitude normalizada média em função do score de dor agrupado. Este gráfico encontra-se na Figura 5.15.

Amplitude EDA Normalizada em função do Score de Dor

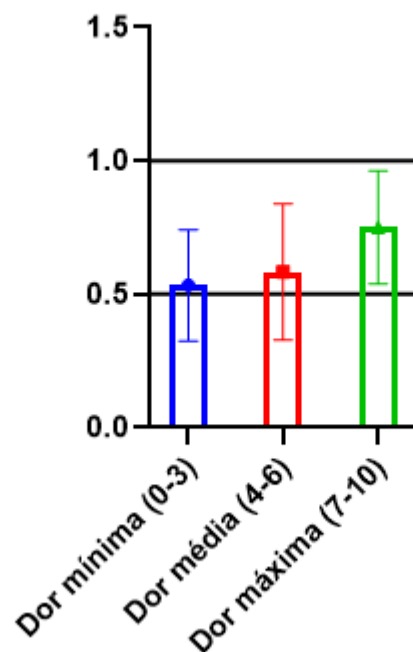


Figura 5.15 – Amplitude média normalizada do sinal eletrodérmico de todos os participantes com patologia em função do score de dor agrupado.

De todos os participantes com patologia apenas dois, o P_05 e o P_15, apresentam um gráfico da amplitude da EDA em função do score de dor agrupado que não reflete a relação encontrada. Ainda assim, e apesar de este gráfico conter informação destes dois pacientes e também dos pacientes que não experienciaram níveis de dor no espetro todo da escala, a relação “maior dor – maior amplitude” da EDA é ainda nitidamente visível.

Relativamente à frequência cardíaca foi realizada uma análise muito semelhante à do sinal eletrodérmico. Na Figura 5.16 encontra-se o gráfico da FC ao longo da sequência de movimentos referente ao indivíduo P_19. É visível que já não é tão evidente a diferenciação da amplitude da FC relativamente aos dois movimentos como se verificou para os indivíduos sem patologia. Algo que se verifica em todos os pacientes e que também poderá ser explicado pela existência de dor aquando da realização dos movimentos.

Amplitude FC em função do movimento

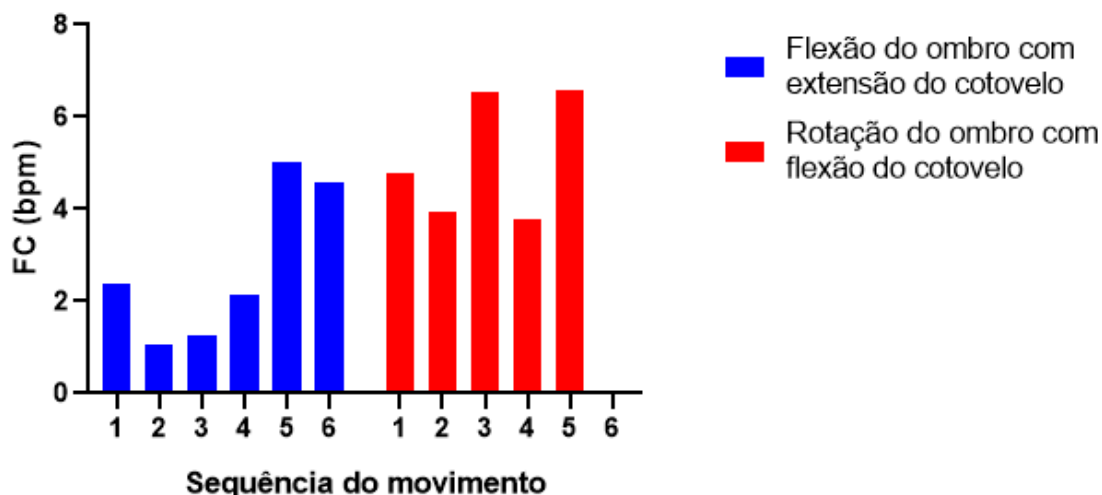


Figura 5.16 – Amplitude da frequência cardíaca ao longo da sequência de movimentos, referente ao indivíduo P_19.

De forma análoga ao efetuado para o EDA, dividiu-se a escala de dor em três e foram criados os gráficos da amplitude da FC em função do score de dor. Na Figura 5.17 está presente este gráfico referente ao indivíduo P_16. Da mesma forma que acontece com o sinal eletrodérmico, a frequência cardíaca também aumenta à medida que a dor sentida pelos pacientes aumenta também, no entanto, esta relação não é tão linear como a que parece estar presente no sinal da EDA. Tal é demonstrado na Figura 5.18, que tem a informação da FC em função da dor relativa a todos os indivíduos com patologia. Mais uma vez, para tal foi preciso normalizar todas as amplitudes de todos os indivíduos individualmente, de igual forma ao realizado anteriormente, e fazer a média aritmética e o desvio padrão para cada grupo de níveis de dor. Como é visível, à dor máxima corresponde também a amplitude da frequência cardíaca máxima, mas a amplitude correspondente à dor mínima é ligeiramente maior que a correspondente à dor média.

Amplitude FC em função do Score de Dor

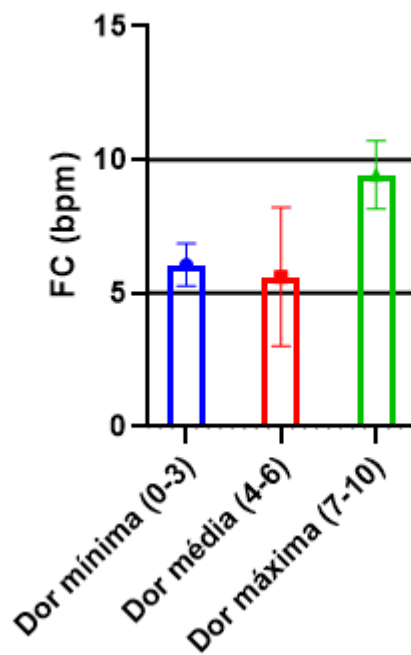


Figura 5.17 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_16.

Amplitude FC Normalizada em função do Score de Dor

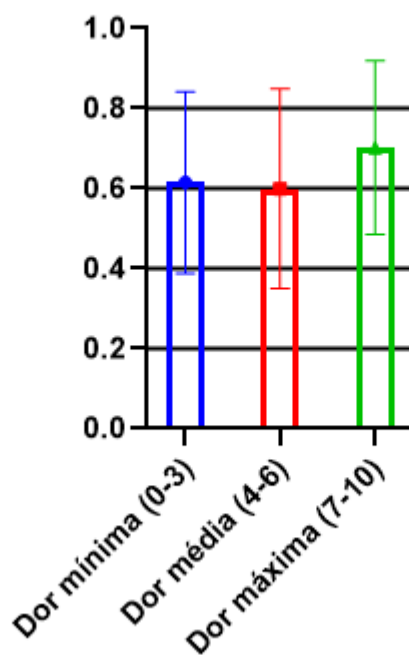


Figura 5.18 – Amplitude normalizada média da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado.

Capítulo 6 CONCLUSÃO

Através da análise dos resultados obtidos é possível concluir que o protocolo experimental realizado foi adequado para obter os dados desejados. A realização de apenas dois movimentos diferentes com várias repetições cada removeu a grande variabilidade encontrada no estudo anterior. Os movimentos escolhidos foram também corretos, uma vez que, quando comparando o sinal eletrodérmico, para os indivíduos sem patologia não se encontram diferenças significativas entre os dois movimentos e para os participantes com patologia o score de dor médio é significativamente superior para o movimento de rotação do ombro com flexão do cotovelo. Deste modo, a comparação das amplitudes da EDA e da FC entre scores de dor baixos e altos foi facilitada.

Tendo-se recolhido os sinais fisiológicos propostos tanto em indivíduos com patologia como em indivíduos sem patologia e uma vez que se relacionaram estes sinais com a escala de dor analógica, pode-se considerar que os objetivos propostos para esta dissertação de mestrado foram cumpridos com sucesso.

Através da análise dos dados obtidos é possível concluir que aparenta existir tanto uma relação dor-EDA, como dor-FC. Tanto para a EDA como para a FC, quanto maior for a dor sentida pelo indivíduo, maior aparenta ser a amplitude do respectivo sinal. Esta é uma relação claramente observável quando comparando apenas scores de dor baixos e altos.

Uma das limitações deste estudo foi o cumprimento incorreto do protocolo de alguns dos participantes, algo já expectável tendo em conta a idade avançada de vários dos indivíduos com patologia. Um aspeto a melhorar seria também a realização deste estudo numa população maior e com uma homogeneidade de idades, permitindo assim conclusões mais fidedignas.

Para um trabalho futuro seria interessante realizar um estudo semelhante em indivíduos com patologias localizadas noutro local, por exemplo na perna, ou até de uma classificação diferente, por exemplo, patologias neurológicas.

Torna-se assim importante a continuação do estudo da relação entre a dor e sinais fisiológicos com o objetivo de comprovar as conclusões obtidas nesta tese de mestrado. Uma vez comprovadas e alterando-se a metodologia de intervenção, diagnósticos de certas patologias tornar-se-ão mais objetivos, podendo até a intervenção de um paciente ser mais personalizada.

BIBLIOGRAFIA

- [1] O. Gureje, M. Von Korff, G. E. Simon, and R. Gater, “Persistent Pain and Well-being,” *Jama*, vol. 280, no. 2, p. 147, 1998.
- [2] D. E. R. Warburton, C. W. Nicol, and S. S. D. Bredin, “Health benefits of physical activity: the evidence,” *CMAJ*, vol. 174, no. 6, pp. 801–809, Mar. 2006.
- [3] T. J. Gabbett, “The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?,” *Br. J. Sports Med.*, vol. 50, no. 5, pp. 273–280, Mar. 2016.
- [4] C. Mitchell, A. Adebajo, E. Hay, and A. Carr, “Shoulder pain: diagnosis and management in primary care,” *BMJ*, vol. 331, no. 7525, pp. 1124–1128, Nov. 2005.
- [5] S. Ströfer, M. L. Noordzij, E. G. Ufkes, and E. Giebels, “Deceptive Intentions: Can Cues to Deception Be Measured before a Lie Is Even Stated?,” *PLoS One*, vol. 10, no. 5, pp. e0125237–e0125237, May 2015.
- [6] F. Shaffer, R. McCraty, and C. L. Zerr, “A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart’s anatomy and heart rate variability,” *Front. Psychol.*, vol. 5, p. 1040, Sep. 2014.
- [7] H. E. J. Veeger and F. C. T. van der Helm, “Shoulder function: The perfect compromise between mobility and stability,” *J. Biomech.*, vol. 40, no. 10, pp. 2119–2129, 2007.
- [8] M. Zheng, Z. Zou, P. J. D. S. Bartolo, C. Peach, and L. Ren, “Finite element models of the human shoulder complex: a review of their clinical implications and modelling techniques,” *Int. j. numer. method. biomed. eng.*, vol. 33, no. 2, p. e02777, Feb. 2017.
- [9] D.C. Rizzo, *Fundamentals of anatomy physiology*, 3ª edição, Cengage, 2009
- [10] G.J. Tortora and B. Derrickson, *Principles of Anatomy and Physiology*, 12ª edição, Wiley, 2008
- [11] K. M. Burbank, J. H. Stevenson, G. R. Czarnecki, and J. Dorfman, “Chronic shoulder pain: Part I. Evaluation and diagnosis,” *Am. Fam. Physician*, vol. 77, no. 4, pp. 453–460, 2008.
- [12] M. L. Sein et al., “Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy,” *Br. J. Sports Med.*, vol. 44, no. 2, pp. 105–113,

Feb. 2010.

- [13] L. Osvandré, G. Sudbrack, and C. Valenzuela Neto, “Capsulite adesiva (‘ombro congelado’) - Abordagem Multidisciplinar,” *Revista Brasileira de Ortopedia*, vol. 28, pp. 617–624, 1993.
- [14] K. O. Sun, K. C. Chan, S. L. Lo, and D. Y. Fong, “Acupuncture for frozen shoulder,” *Hong Kong Med. J. = Xianggang yi xue za zhi*, vol. 7, no. 4, pp. 381–391, Dec. 2001.
- [15] D. Purves et. al., *Neuroscience*, 3ª edição, Sunderland MA: Sinauer Associates Inc, 2004
- [16] E. R. Kandel, J. H. Schwartz and T. M. Jessell, *Principles of Neural Science*, 4º edição, McGraw-Hill, 2000
- [17] J. Y. Shin, S.-W. Kim, S.-G. Roh, N.-H. Lee, and K.-M. Yang, “Congenital Insensitivity to Pain and Anhidrosis,” *Arch. Plast. Surg.*, vol. 43, no. 1, pp. 95–97, Jan. 2016.
- [18] S.N.Saúde, “A Dor como 5o sinal vital. Registo sistemático da intensidade da Dor,” *Normas e Circulares Normativos*, 2003. [Online]. Available: <https://www.dgs.pt/directrizes-da-dgs/normase-circulares-normativas/circular-normativa-n-9dgcg-de-14062003.aspx>. [Accessed: 19-Jan-2019]
- [19] L. M. da C. Batalha, “Avaliação da Dor,” *E. S. Enf. C.* p. 44, 2016
- [20] M. E. Dawson, A. M. Schell, and D. L. Filion, “The Electrodermal System,” in *The Handbook of Psychophysiology*, 3a Edição., New York: Cambridge University: Cambridge University Press, 2007, pp. 200–223
- [21] W. Boucsein, *Electrodermal Activity*, 2a Edição. Springer, 2012.
- [22] J. Braithwaite, D. Watson, J. Robert, and R. Mickey, “A Guide for Analysing Electrodermal Activity (EDA) & Skin Conductance Responses (SCRs) for Psychological Experiments.” Compiled, pp. 1–42, 2013.
- [23] R. Zangróniz, A. Martínez-Rodrigo, J. M. Pastor, M. T. López, and A. Fernández-Caballero, “Electrodermal Activity Sensor for Classification of Calm/Distress Condition,” *Sensors (Basel)*, vol. 17, no. 10, p. 2324, Oct. 2017.
- [24] E.-H. Jang, B.-J. Park, M.-S. Park, S.-H. Kim, and J.-H. Sohn, “Analysis of physiological signals for recognition of boredom, pain, and surprise emotions,” *J. Physiol. Anthropol.*, vol. 34, no. 1, p. 25, Jun. 2015.
- [25] D. T. Tranel, “The Effects of Monetary Incentive and Frustrative Nonreward on Heart Rate and Electrodermal Activity,” *Psychophysiology*, vol. 20, no. 6. pp. 652–657, 1983.
- [26] E. Binboga, S. Guven, F. Catiktaş, O. Bayazıt, and S. Tok, “Psychophysiological responses to competition and the big five personality traits,” *J. Hum. Kinet.*, vol. 33, pp. 187–194, Jul. 2012.
- [27] J. Birjandtalab, D. Cogan, M. B. Pouyan, and M. Nourani, “A non-EEG biosignals dataset for assessment and visualization of neurological status,” *IEEE Int. Work. Signal*

Process. Syst., pp. 110–114, 2016

- [28] D. C. Raskin and R. D. Hare, “Psychopathy and Detection of Deception In a Prison Population,” *Psychophysiology*, vol. 15, no. 2, pp. 126–136, 1978
- [29] A. Drachen, L. E. Nacke, G. Yannakakis, and A. L. Pedersen, “Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in first-person shooter games,” *Int. Conf. Comput. Graph. Interact. Tech.*, pp. 49–54, 2010
- [30] J. Healey and R. Picard, “Digital processing of affective signals,” *IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process.*, pp. 3749–3752, 1998.
- [31] H. Gamboa and A. Fred, “An Electrodermal Activity Phsycophysiological Model,” 2008.
- [32] C. L. Lim et. al., “Decomposing skin conductance into tonic and phasic components,” *Int. J. Psychophysiol.*, vol. 25, no. 2, pp. 97–109, 1997
- [33] D. M. Alexander, C. Trengove, P. Johnston, T. Cooper, J. P. August, and E. Gordon, “Separating individual skin conductance responses in a short interstimulus-interval paradigm,” *J. Neurosci. Methods*, vol. 146, no. 1, pp. 116–123, 2005
- [34] A. B. Luna, *Basic Electrocardiography Normal and Abnormal ECG Patterns*, 1^a edição, Malden MA: Wiley-Blackwell, 2007
- [35] A. C. Guyton and J. E. Hall, *Textbook of Medical Physiology*, 9 edição, W.B Saunders Company, 1996
- [36] V. Häussler, “Efeito do cold pressor test na sensação dolorosa, na atividade eletrodérmica e eletromiográfica dos músculos da face,” *Universidade Fernando Pessoa FCS/ESS*, 2017.
- [37] T. Aslanidis, V. Grosomanidis, K. Karakoulas, and A. Chatzisotiriou, “Electrodermal Activity Monitoring During Painful Stimulation in Sedated Adult Intensive Care Unit Patients: a Pilot Study,” *Acta medica (Hradec Kral.*, vol. 61, no. 2, pp. 47–52, 2018.
- [38] Guilherme, R., “Estudo da relação entre a atividade eletrodérmica e a dor em indivíduos com patologia do ombro”, 2018
- [39] J. Koenig, M. N. Jarczok, R. J. Ellis, T. K. Hillecke, and J. F. Thayer, “Heart rate variability and experimentally induced pain in healthy adults: a systematic review,” *Eur. J. Pain*, vol. 18, no. 3, pp. 301–314, Mar. 2014.
- [40] S. Tejman-Yarden et al., “Heart rate analysis by sparse representation for acute pain detection,” *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 54, no. 4, pp. 595–606, Apr. 2016.
- [41] J. T. Sakamoto et al., “Heart Rate Variability Analysis in Patients Who Have Bradycardia Presenting to the Emergency Department with Chest Pain,” *J. Emerg. Med.*, vol. 54, no. 3, pp. 273–280, Mar. 2018.
- [42] Plux, “Research Kits - Professional.” [Online]. Available: <http://biosignalsplux.com/en/pro>. [Accessed: 21-Jan-2019].

- [43] Plux, “Electrodermal Activity (EDA) Sensor Data Sheet.” [Online]. Available: <http://bitalino.com/en/>. [Accessed: 21-Jan-2019].
- [44] Quaresma, C., Gomes, M., Cardoso, H., Ferreira, N., Vigário, R., Quintão, C., Fonseca, M., “GneuroPathy: validation process at clinical environment”,

APÊNDICE A

Caracterização da amostra

De seguida encontram-se as tabelas referentes à caracterização dos dois grupos de participantes, os sem patologia (SemP) e os com patologia (P).

Tabela A.1 – Caracterização dos participantes sem patologia (SemP).

Indivíduo	Idade	Sexo
SemP_01	22	M
SemP_02	23	F
SemP_03	22	F
SemP_04	22	F
SemP_05	23	M
SemP_06	29	M
SemP_07	23	M
SemP_08	31	M
SemP_09	23	M
SemP_10	26	M
SemP_11	27	F
SemP_12	25	M
SemP_13	22	M
SemP_14	21	M
SemP_15	23	M
SemP_16	24	F
SemP_17	22	F
SemP_18	23	F

Tabela A.2 – Caracterização dos participantes com patologia (P).

Indivíduo	Idade	Sexo	Ombro doloroso	Patologia
P_01	79	F	Direito	Fratura
P_02	53	F	Esquerdo	Fratura
P_03	53	F	Direito	Rotura Coifa
P_04	73	M	Direito	Tendinite
P_05	69	F	Ambos (Direito)	Tendinite
P_06	54	M	Direito	Tendinite
P_07	82	F	Direito	Fratura
P_08	61	F	Direito	Tendinite
P_09	60	F	Direito	Fratura
P_10	51	M	Esquerdo	Fratura
P_11	59	M	Direito	Tendinite
P_12	78	F	Direito	Tendinite
P_13	53	M	Direito	Capsulite Adesiva
P_14	66	F	Direito	Fratura
P_15	53	F	Esquerdo	Tendinite
P_16	71	F	Direito	Inflamação do Úmero
P_17	52	M	Ambos (Esquerdo)	Capsulite Adesiva
P_18	76	F	Direito	Fratura
P_19	72	F	Direito	Tendinite
P_20	41	F	Direito	Fratura
P_21	81	F	Esquerdo	Tendinite

APÊNDICE B

Aqui encontram-se todos os documentos utilizados durante a recolha dos dados.

**INFORMAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE
CONSENTIMENTO ESCLARECIDO PARA
PARTICIPAÇÃO EM ESTUDOS DE INVESTIGAÇÃO**

Título do estudo:

Estudo da relação entre a actividade eletrodérmica e a dor em indivíduos com patologia do ombro

Áreas/Unidades:

Medicina Física e de Reabilitação do HCC

Descrição do estudo:

(A informação deve abranger: os objectivos do estudo, os procedimentos a que o indivíduo será sujeito, os potenciais riscos, inconvenientes e vantagens da sua participação, medidas previstas para protecção de dados pessoais, medidas previstas para resposta a eventuais efeitos adversos, indicação de eventuais conflitos de interesses e previsível uso futuro dos dados, resultados e materiais obtidos para além do período de estudo.)

O objetivo deste estudo é a recolha do sinal eletrodérmico e do eletrocardiograma em pacientes com dor no ombro e posterior análise, a fim de correlacioná-los com a escala analógica de dor.

Para tal, os pacientes serão submetidos a dois momentos de recolha de dados, que permite ter um ponto de calibração para a medição em esforço. É ainda imprescindível alguns dados do paciente (idade, género, entre outros) para conotá-los aos dados recolhidos.

Primeiramente, numa fase de calibração, o paciente encontra-se sem esforço e é retirado a intensidade do sinal eletrodérmico e do eletrocardiograma, bem como a respetiva intensidade analógica de dor.

Num segundo momento, o paciente irá realizar um conjunto de atividades definidas em parceria com os Terapeutas Ocupacionais do Hospital Curry Cabral. Em cada uma das atividades serão recolhidos os dados relativos à atividade eletrodérmica, à atividade cardíaca, bem como o respetivo score de dor, através da escala analógica. Estes dois processos serão executados mediante um protocolo de recolha de dados, utilizando um sensor de atividade eletrodérmica para a medição do sinal eletrodérmico e um de atividade cardíaca para o sinal eletrocardiograma.

Todos os dados obtidos apenas serão acessíveis ao investigador, orientador e aos profissionais do hospital.

A metodologia utilizada para o estudo não apresenta quaisquer riscos ou inconvenientes para os pacientes, porém quer exista algum tipo dor excessiva, quer incapacidade de execução ou continuidade do protocolo, este será suspenso.

A relação investigador-participante é baseada na confiança mútua. O CHLC, EPE dispõe de procedimentos que permitem salvaguardar os direitos de ambos.

CONSENTIMENTO ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDOS DE INVESTIGAÇÃO EM SAÚDE

A relação investigador-participante é baseada na confiança mútua. O CHLC, EPE dispõe de procedimentos que permitem salvaguardar os direitos de ambos.

O investigador obriga-se a informar o participante ou o representante legal sobre a natureza da sua participação no estudo, potenciais vantagens e inconvenientes, podendo o mesmo aceitar ou não participar no estudo.

Área/Unidade: Medicina Física e de Reabilitação do HCC

Título do estudo:

Estudo da relação entre a actividade eletrodérmica e a dor em indivíduos com patologia do ombro

Procedimentos principais:

Avaliação inicial de alguma patologia associada, bem como a prévia calibração dos dados a recolher. Após a calibração e recolha de informações do paciente, segue-se um protocolo de recolha de dados.

Confirmo que expliquei ao participante, ou ao seu representante legal, de forma adequada e inteligível, os procedimentos, assim como os potenciais riscos e inconvenientes, e que entreguei o folheto de informação complementar.

Se aplicável,
vinheta do médico

Assinatura do investigador:

Nº mec. |_|_|_|_|_|_| Cédula Profissional |_|_|_|_|_|_|

Data: |_|_|_|_|_|_|

A preencher pelo participante ou pelo seu representante legal

Declaro que me foram explicados de forma adequada e inteligível o objectivo e natureza da investigação e o(s) procedimento(s) a que serei sujeito. Foram-me explicados os potenciais riscos e inconvenientes do(s) procedimento(s) proposto(s), que foram por mim compreendidos e aceites, concordando em participar no estudo.

Participante:

Representante Legal*: Qualidade:

Assinatura: Documento:

Data: |_|_|_|_|_|_|

* O representante legal deverá fazer prova dos seus poderes para representar do participante.

RETIRADA DO CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDOS DE INVESTIGAÇÃO EM SAÚDE

A relação investigador-participante é baseada na confiança mútua. O CHLC, EPE dispõe de procedimentos que permitem salvaguardar os direitos de ambos.

O investigador obriga-se a informar o participante ou o representante legal da sua liberdade de retirar, em qualquer momento, o consentimento para participar no estudo.

Área/Unidade: Medicina Física e de Reabilitação do HCC

Título do estudo:

Estudo da relação entre a actividade eletrodérmica e a dor em indivíduos com patologia do ombro

Confirmo que expliquei ao participante, ou ao seu representante legal, de forma adequada e inteligível, que a opção de retirar o consentimento de participação neste estudo em nada afecta ou afectará a sua relação com o CHLC, EPE ou os seus profissionais.

Se aplicável,
vinheta do médico

Assinatura do investigador:

Nº mec. |_|_|_|_|_| Cédula Profissional |_|_|_|_|_|

Data: |_|_|_|_|_|

A preencher pelo participante ou pelo seu representante legal

Declaro que me foram explicados de forma adequada e inteligível o objectivo e natureza da investigação e o(s) procedimento(s) inerentes à participação neste estudo. Declaro ainda que, embora tendo concordado previamente em participar no estudo, decido agora deixar de participar nele, tendo-me sido esclarecido que se manterá inalterada a minha condição prévia de utente do CHLC, EPE.

Participante:

Representante Legal*: Qualidade:

Assinatura: Documento:

Data: |_|_|_|_|_|

* O representante legal deverá fazer prova dos seus poderes para representar do participante.

|_|_| O participante ou o seu representante legal declararam verbalmente a retirada do consentimento previamente concedido para participação neste estudo.

Anexo 2

Questionário de caracterização da amostra

O presente questionário tem como principal objetivo recolher informações para caracterizar a amostra de um estudo científico. Este estudo visa relacionar o sinal eletrodérmico e o eletrocardiograma com a dor sentida no ombro. Os dados recolhidos são anónimos e serão usados exclusivamente para a caracterização da amostra no presente estudo.

Data: ____/____/____ **Código:** _____ (não preencher este campo)

1. Idade: ____ anos
____/____/____ Data de Nascimento:
2. Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino
3. Altura: ____ m
4. Peso: ____ kg
5. Índice de Massa Corporal: ____ kg/m²
6. Nacionalidade:
☐ Portuguesa
☐ Outra Qual? _____
7. Habilitações literárias: _____
8. Profissão: _____
9. Estado civil: _____
10. Filhos: ☐ Sim ☐ Não
Se respondeu sim na questão anterior:
Número de filhos: _____ Quais as idades: _____

11. Prática de atividade física: ☐ Sim ☐ Não

Se respondeu sim na questão anterior:

Qual o desporto: _____ Frequência: _____ dias/semana

12. Mão dominante: _____

13. Ombro doloroso: ☐ Esquerdo ☐ Direito ☐ Ambos

14. Tipo de patologia: _____

15. Descrição da dor:

☐ Aguda ☐ Crónica

☐ Em repouso ☐ Em atividade

☐ Durante o dia ☐ Durante a noite ☐ Indiferente

16. Data do início do tratamento: ____/____/____

17. Número de sessões de tratamento: _____

18. Medicação: ☐ Sim ☐ Não

Se respondeu sim na questão anterior:

Qual a medicação: _____

Frequência:

19. Classificação da dor (Escala Analógica de dor)



ESCALA VISUAL ANALÓGICA - EVA

Repouso: _____

Atividade 1 1ª: _____ Atividade 1 3ª: _____ Atividade 1 5ª: _____

Atividade 2 1ª: _____ Atividade 2 3ª: _____ Atividade 2 5ª: _____

Atividade 1 2ª: _____ Atividade 1 4ª: _____ Atividade 1 6ª: _____

Atividade 2 2ª: _____ Atividade 2 4ª: _____

Repouso: _____

APÊNDICE C

Gráficos de todos os indivíduos

De seguida encontram-se os gráficos dos participantes sem patologia, ordenados por participante.

SemP_01

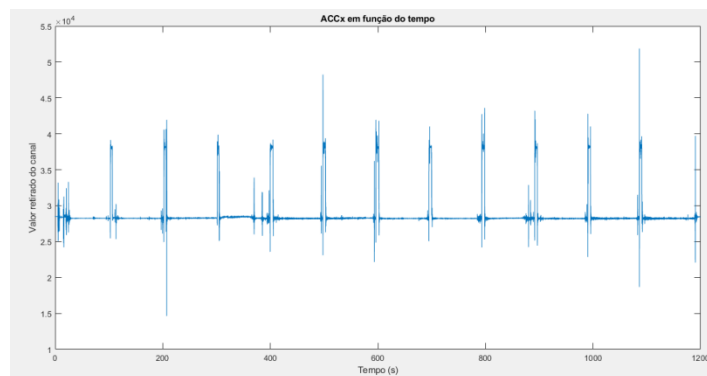


Figura C.1 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_01.

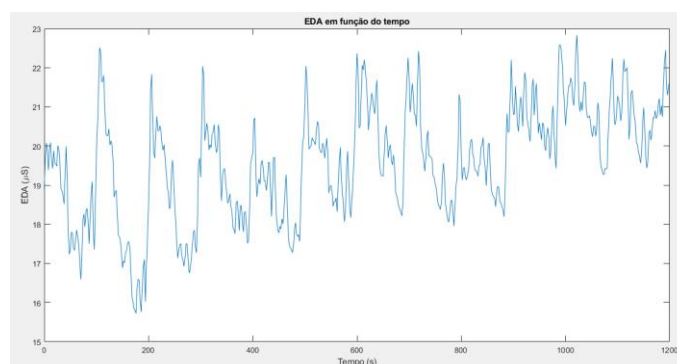


Figura C.2 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante SemP_01.

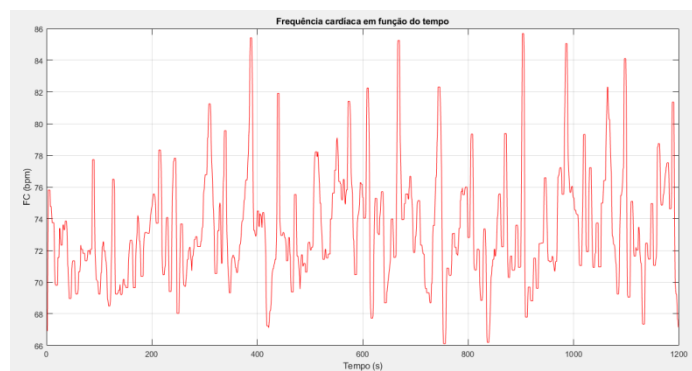


Figura C.3 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_01.

Amplitude EDA em função do movimento

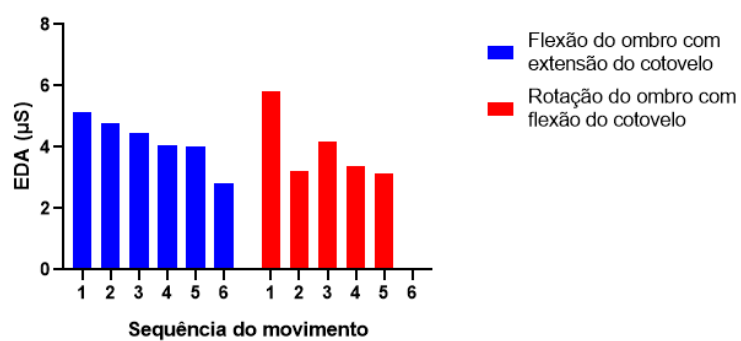


Figura C.4 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_01.

Amplitude média de EDA em função do movimento

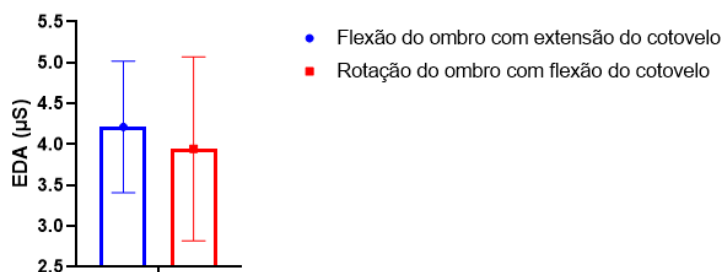


Figura C.5 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_01.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

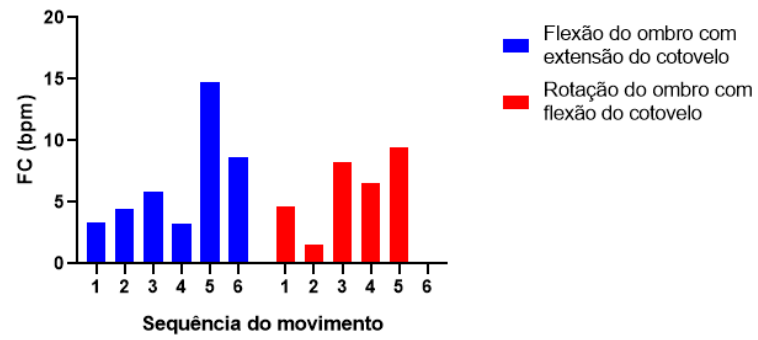


Figura C.6 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_01.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

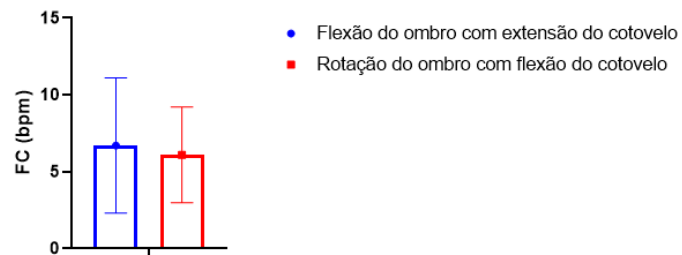


Figura C.7 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_01.

SemP_02

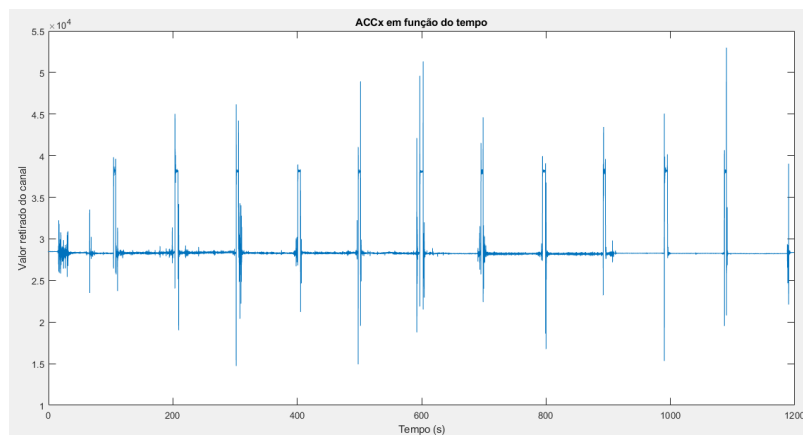


Figura C.8 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_02.

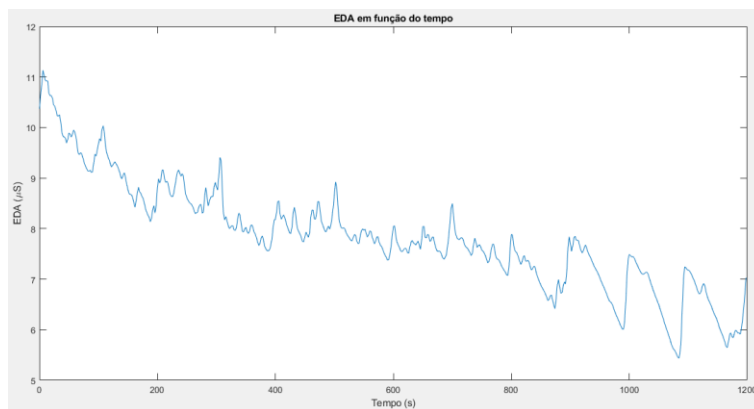


Figura C.9 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_02.

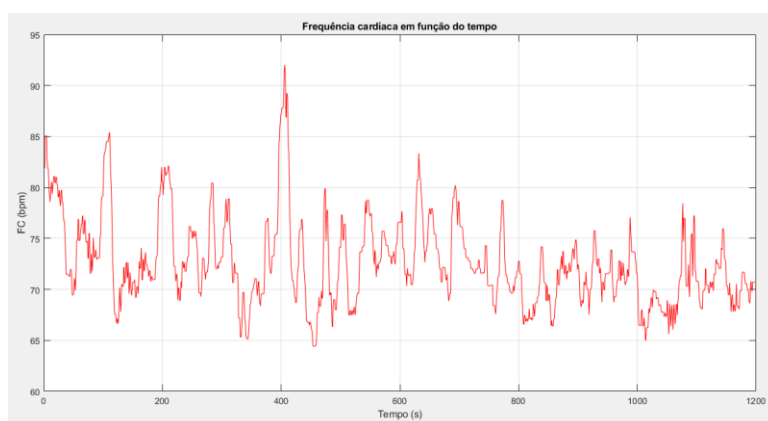


Figura C.10 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_02.

Amplitude EDA em função do movimento

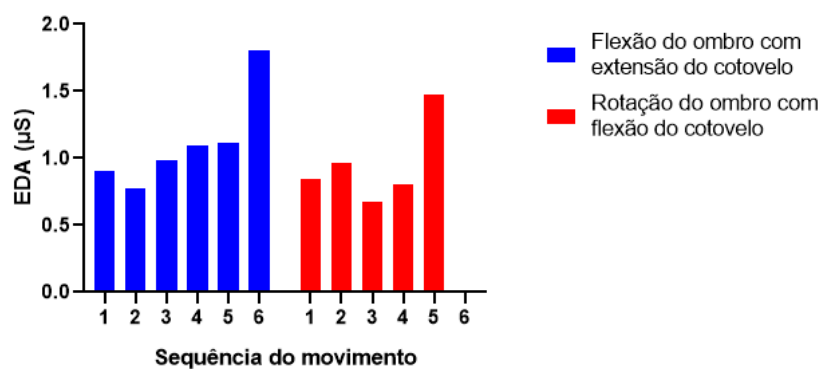


Figura C.11 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_02.

Amplitude média de EDA em função do movimento

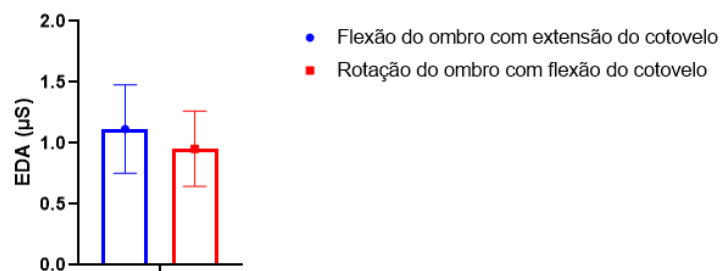


Figura C.12 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_02.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

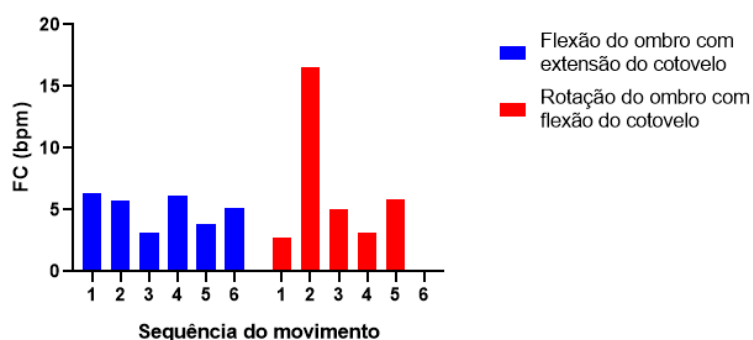


Figura C.13 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_02.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

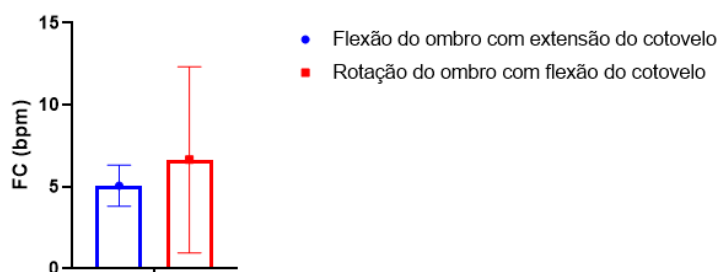


Figura C.14 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_02.

SemP_03

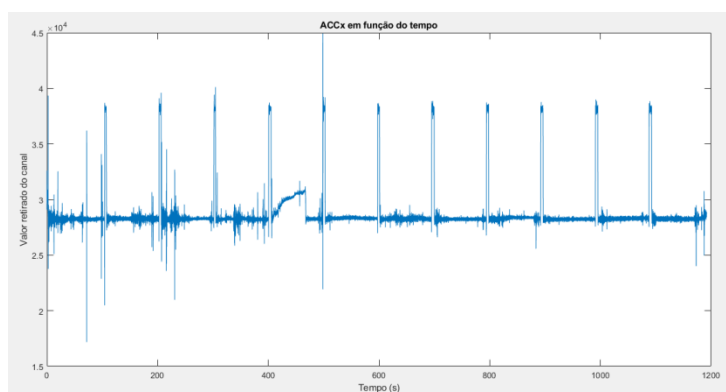


Figura C.15 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_03.

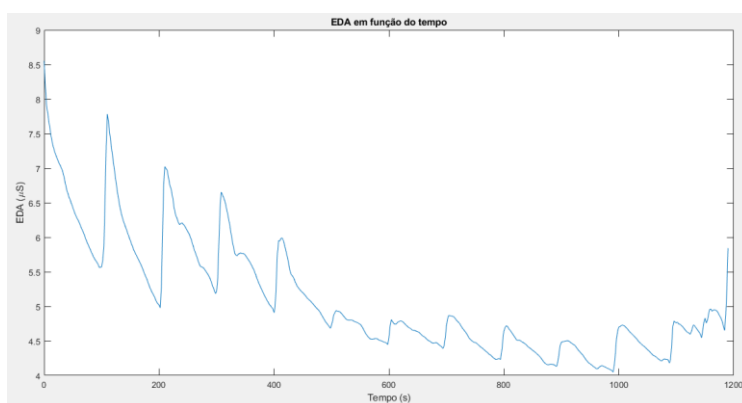


Figura C.16 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_03.

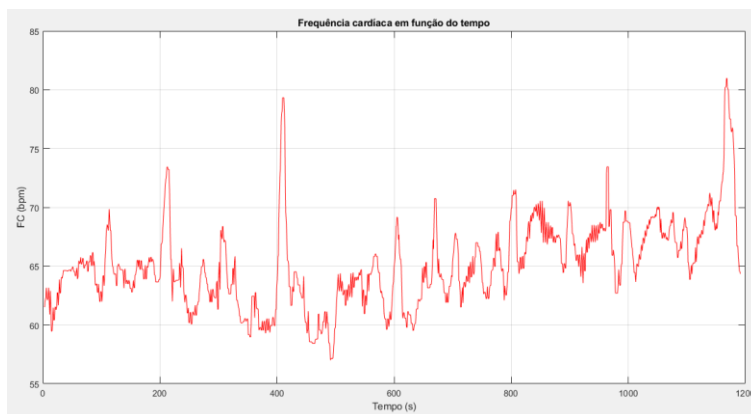


Figura C.17 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_03.

Amplitude EDA em função do movimento

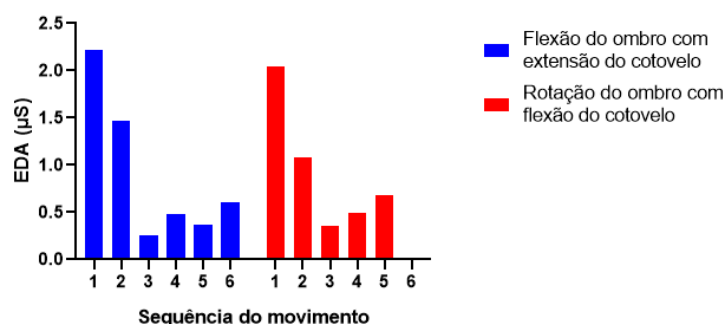


Figura C.18 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_03.

Amplitude média de EDA em função do movimento

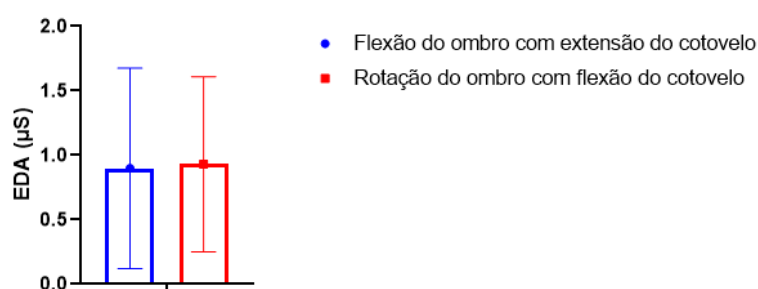


Figura C.19 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_03.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

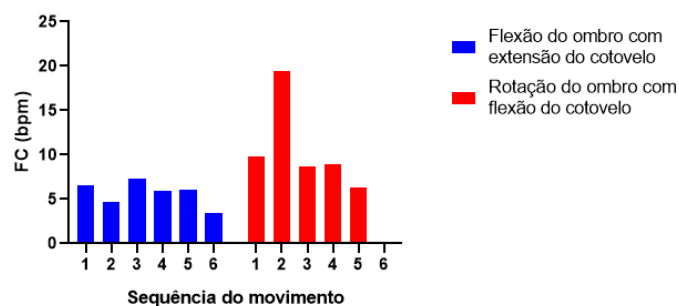


Figura C.20 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_03.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

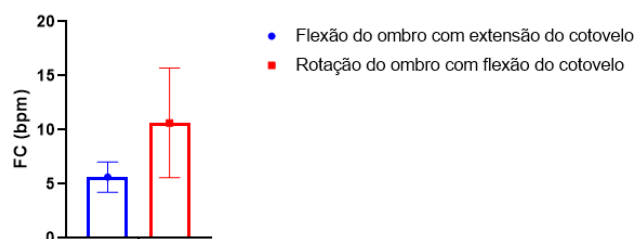


Figura C.21 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_03.

SemP_04

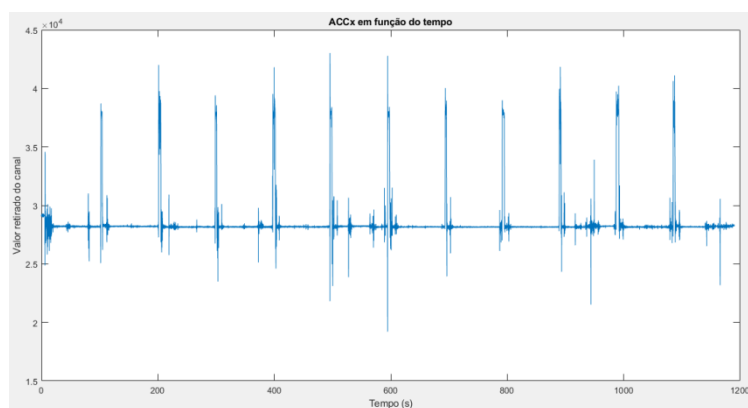


Figura C.22 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_04.

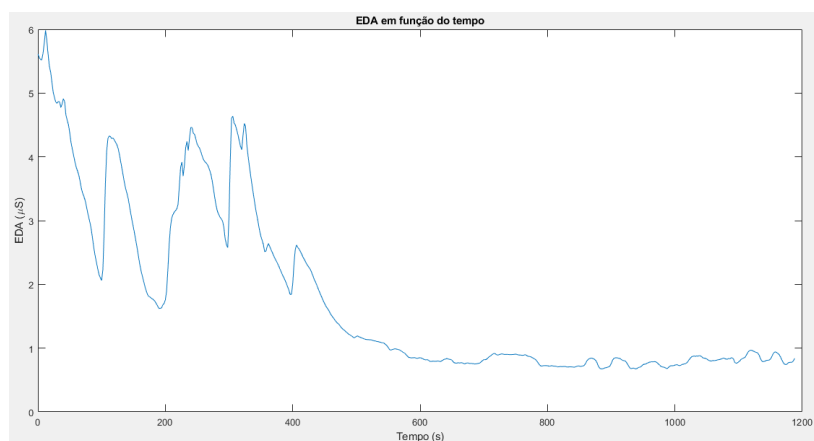


Figura C.23 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_04.

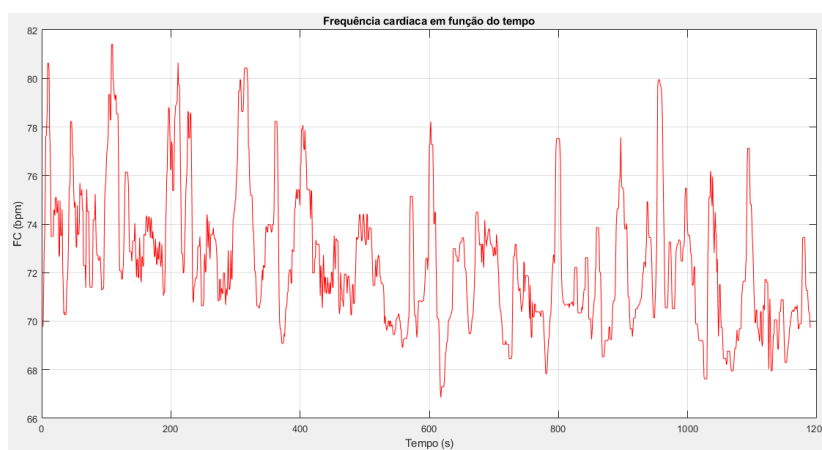


Figura C.24 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_04.

Amplitude EDA em função do movimento

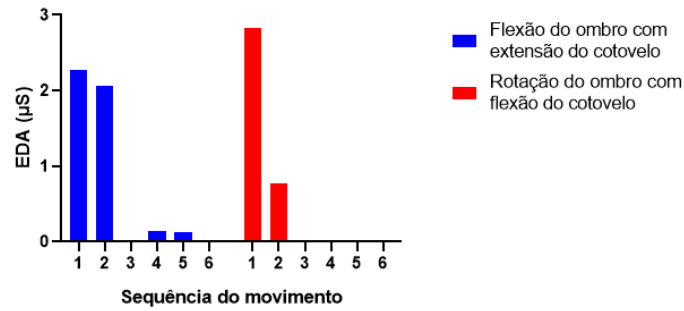


Figura C.25 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_04.

Amplitude média de EDA em função do movimento

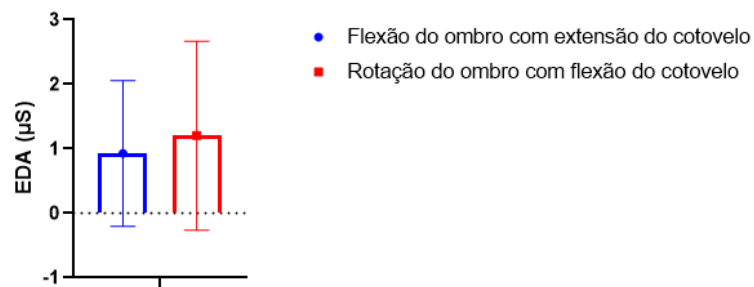


Figura C.26 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_04.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

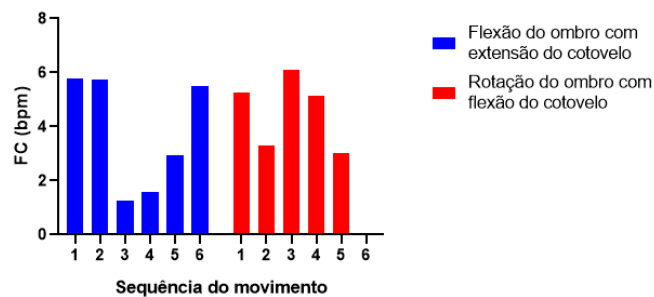


Figura C.27 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_04.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

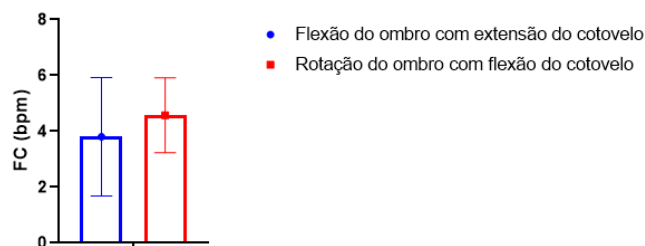


Figura C.28 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_04.

SemP_05

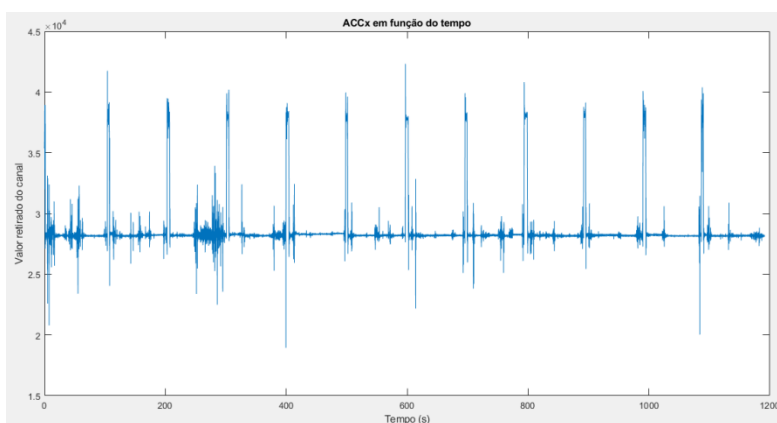


Figura C.29 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_05.

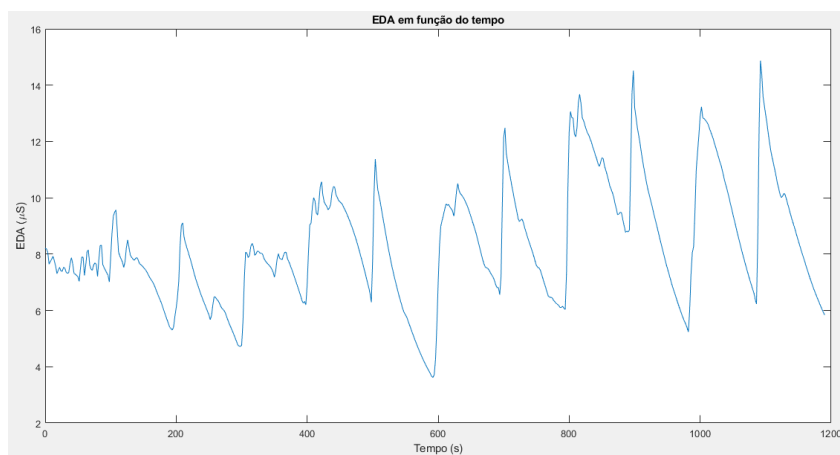


Figura C.30 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_05.

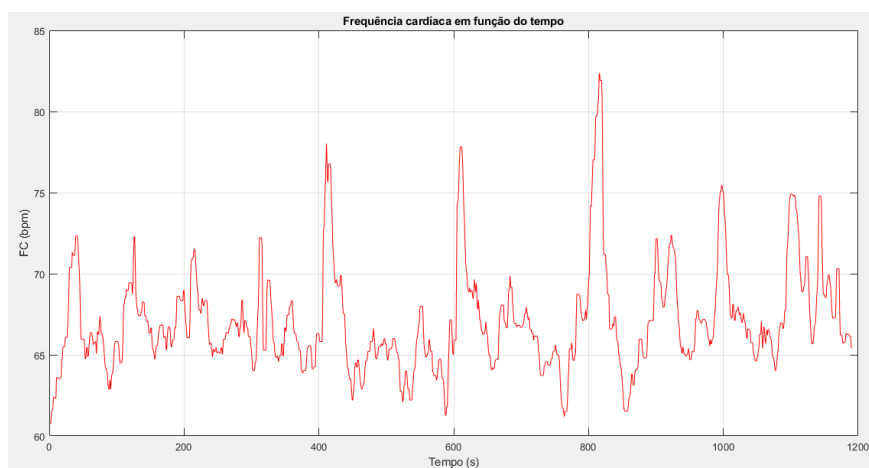


Figura C.31 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_05.

Amplitude EDA em função do movimento

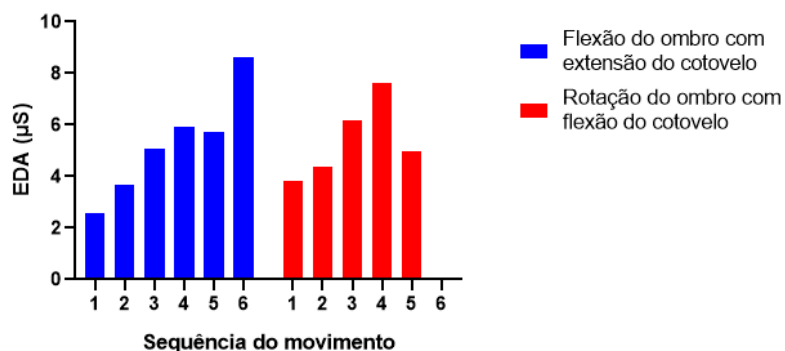


Figura C.32 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_05.

Amplitude média de EDA em função do movimento

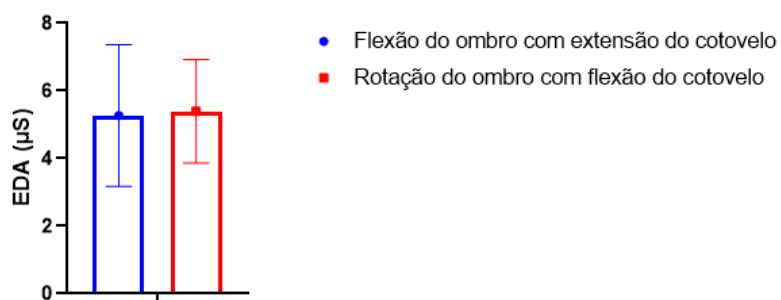


Figura C.33 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_05.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

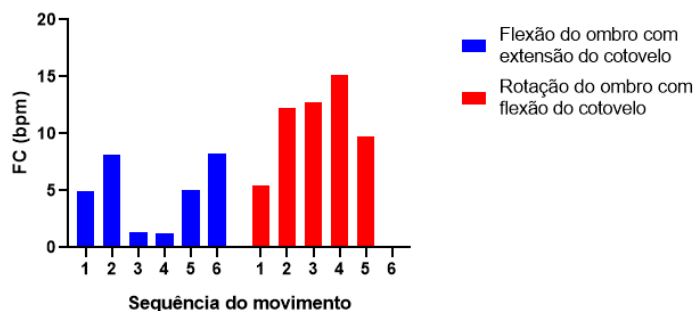


Figura C.34 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_05.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

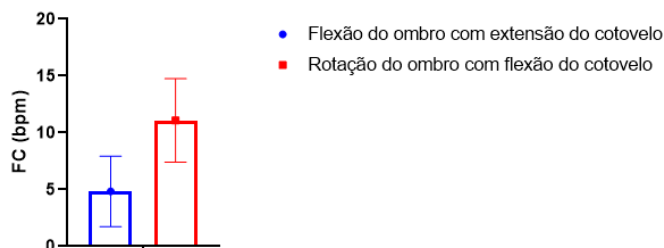


Figura C.35 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_05.

SemP_06

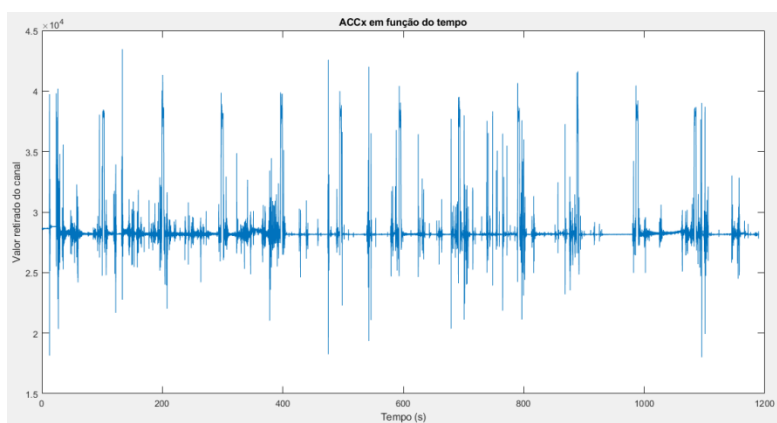


Figura C.36 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_06.

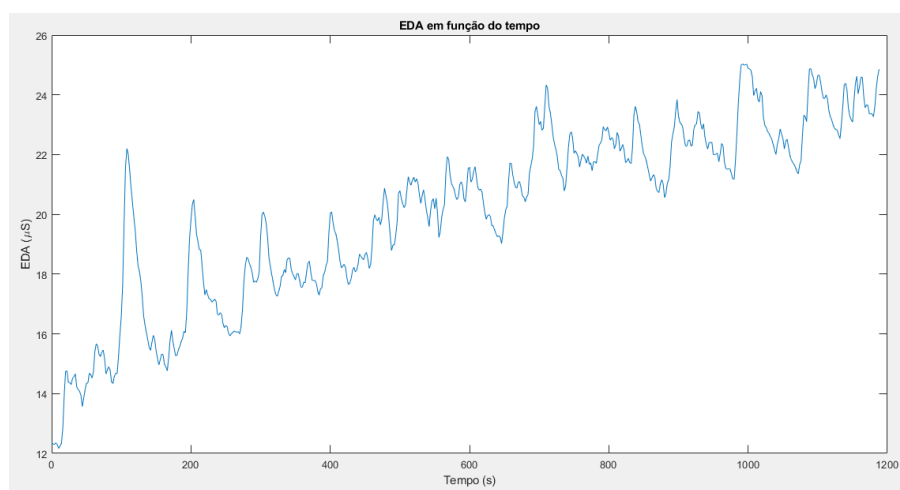


Figura C.37 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_06.

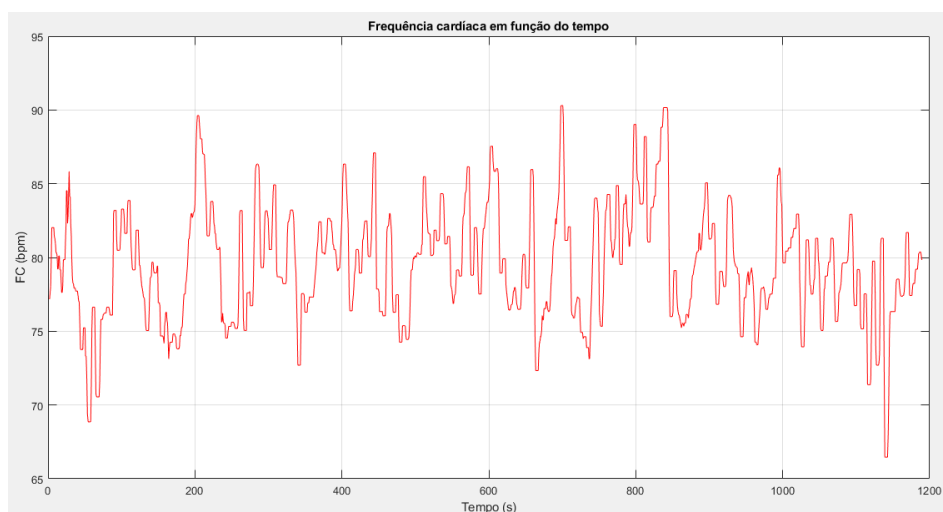


Figura C.38 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_06.

Amplitude EDA em função do movimento

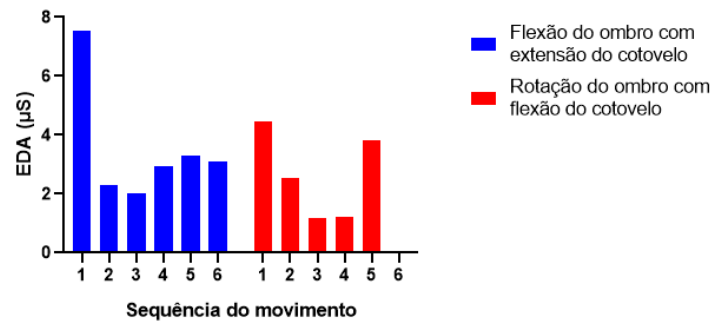


Figura C.39 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_06.

Amplitude média de EDA em função do movimento

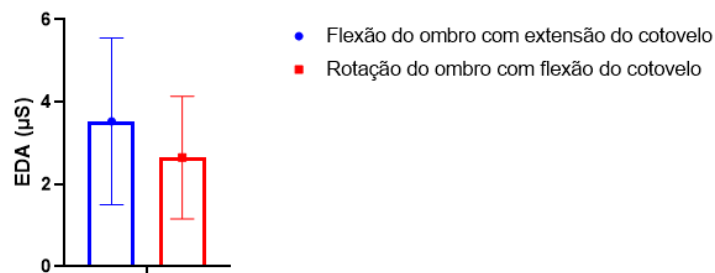


Figura C.40 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_06.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

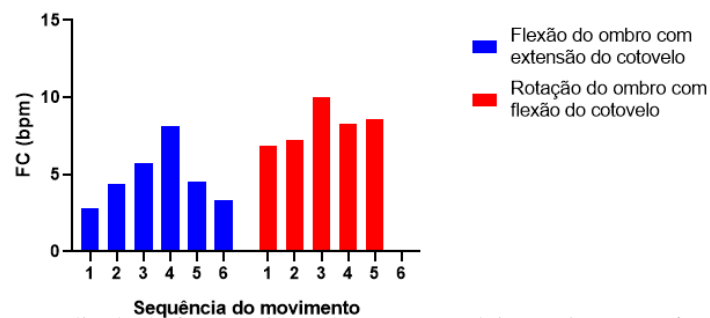


Figura C.41 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_06.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

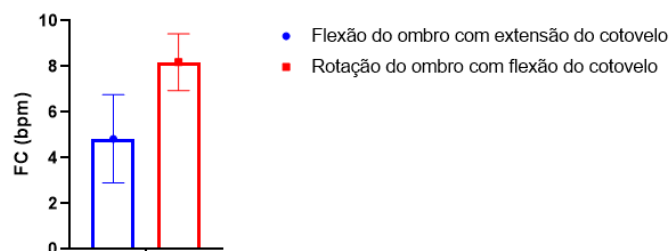


Figura C.42 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_06.

SemP_07

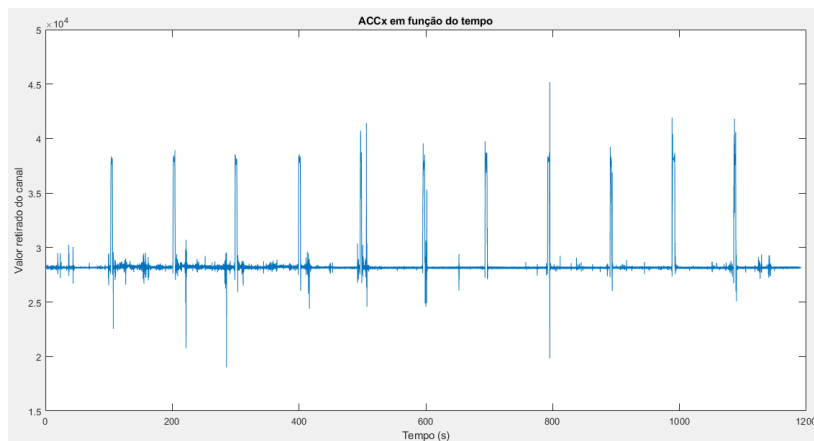


Figura C.43 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_07.

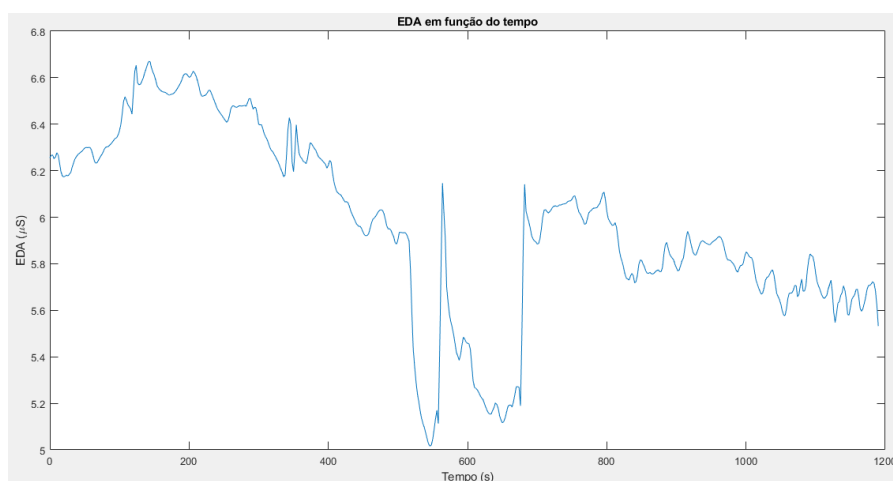


Figura C.44 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_07.

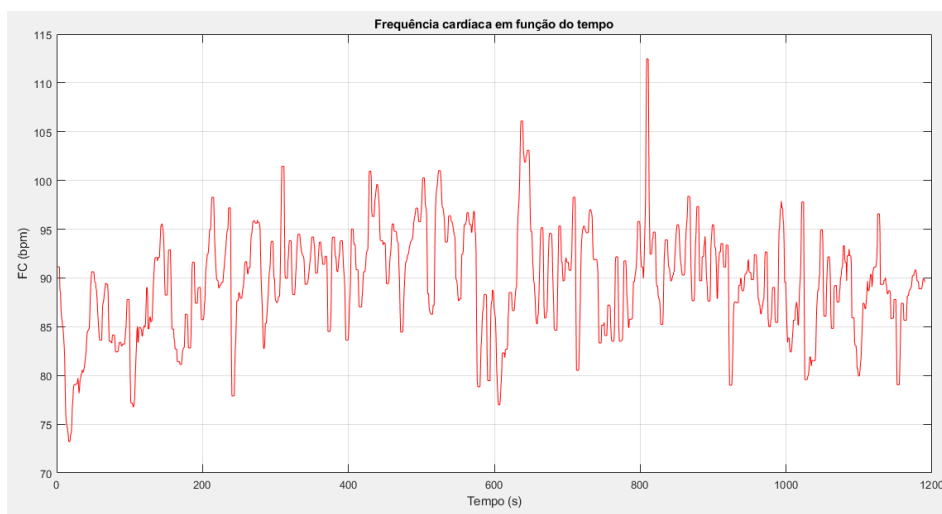


Figura C.45 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_07.

Amplitude EDA em função do movimento

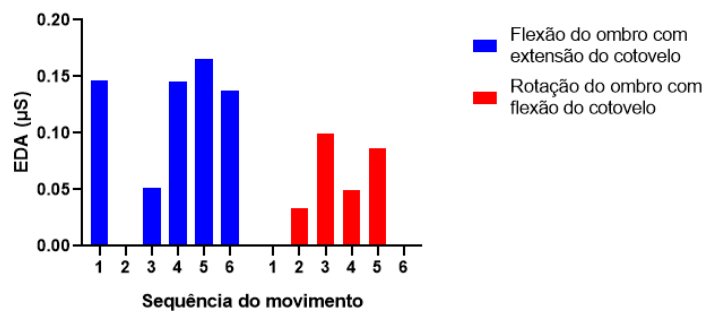


Figura C.46 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_07.

Amplitude média de EDA em função do movimento

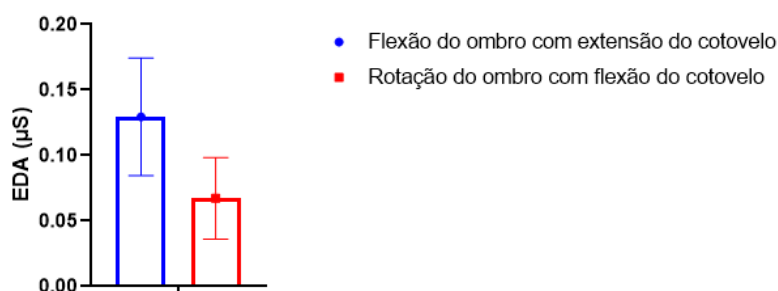


Figura C.47 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_07.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

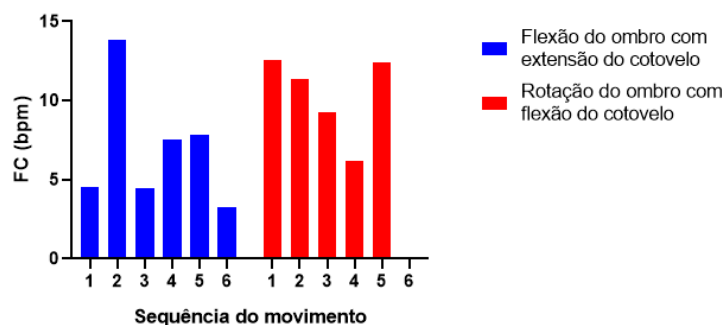


Figura C.48 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_07.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

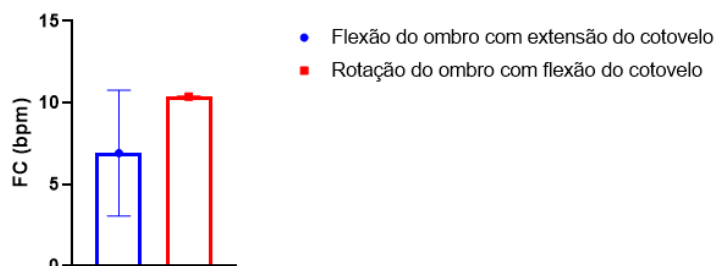


Figura C.49 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_07.

SemP_08

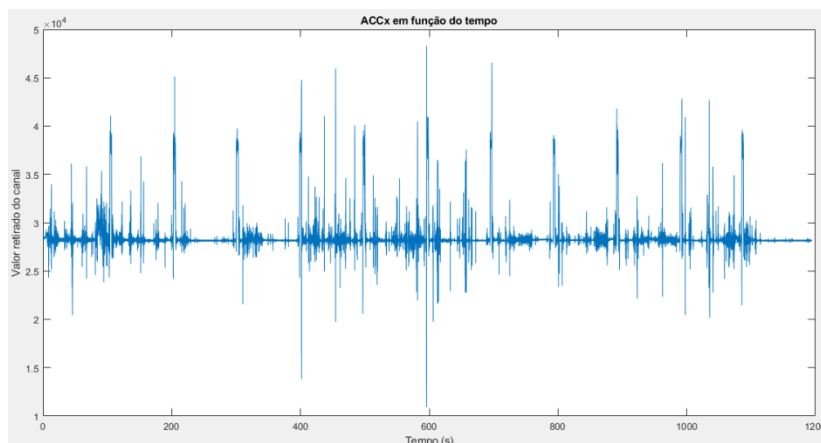


Figura C.50 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_08.

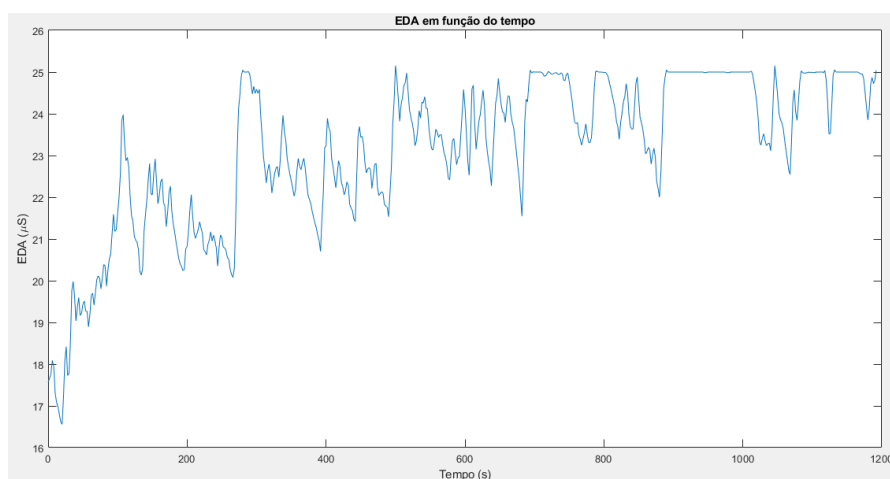


Figura C.51 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_08.

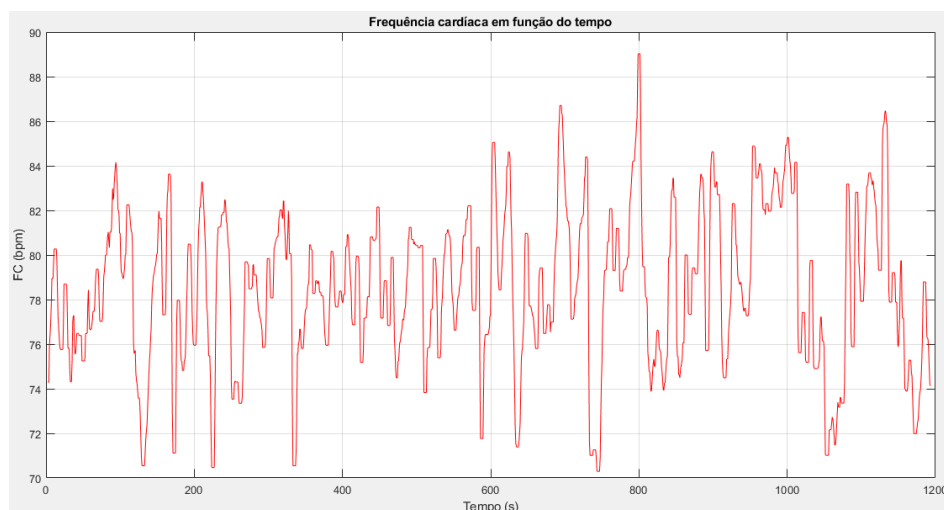


Figura C.52 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_08.

Amplitude EDA em função do movimento

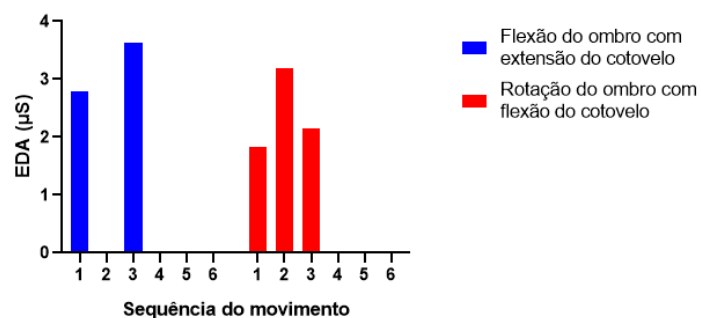


Figura C.53 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_08.

Amplitude média de EDA em função do movimento

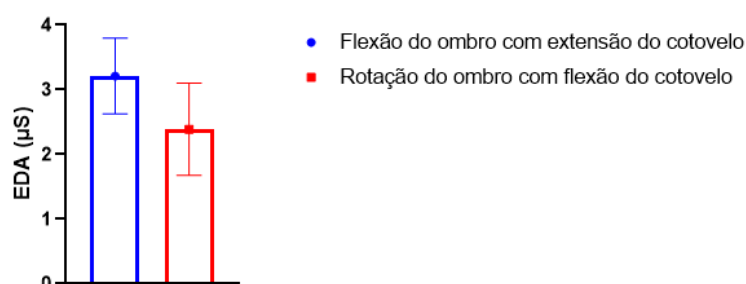


Figura C.54 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_08.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

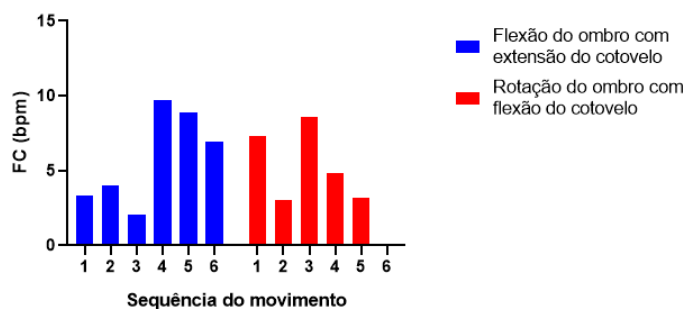


Figura C.55 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_08.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

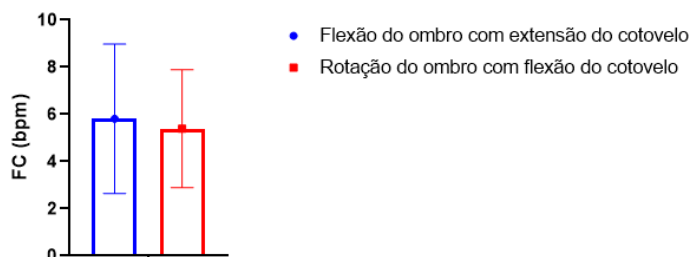


Figura C.56 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_08.

SemP_09

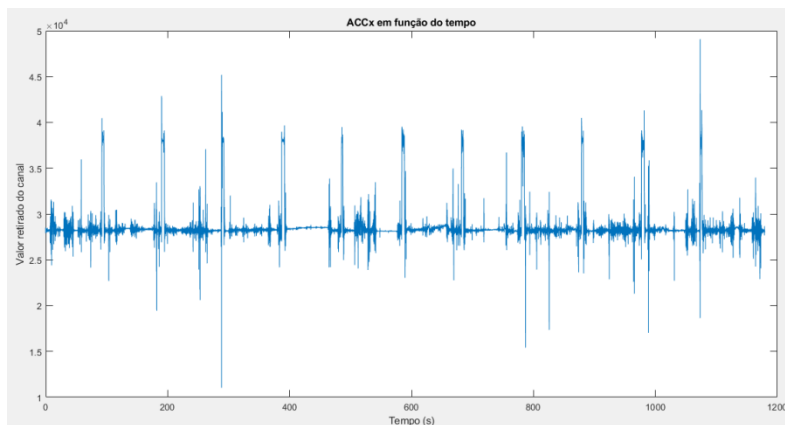


Figura C.57 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_09.

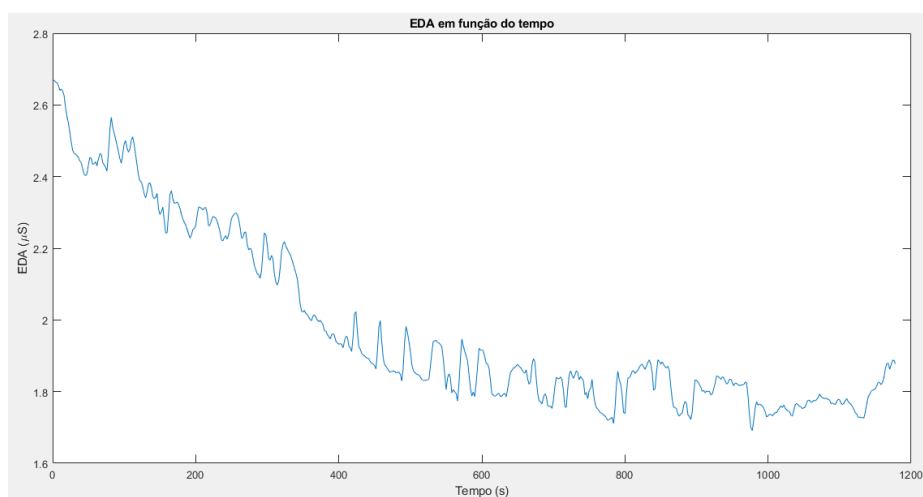


Figura C.58 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_09.

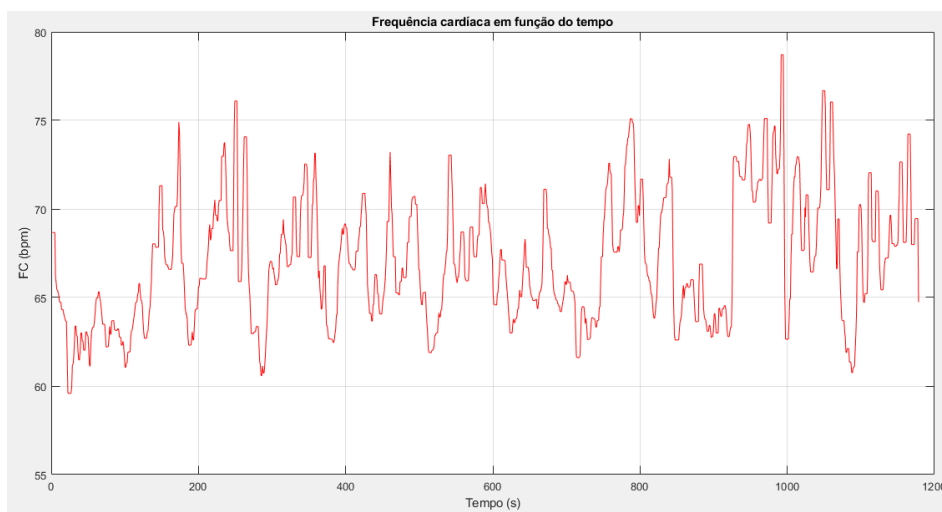


Figura C.59 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_09.

Amplitude EDA em função do movimento

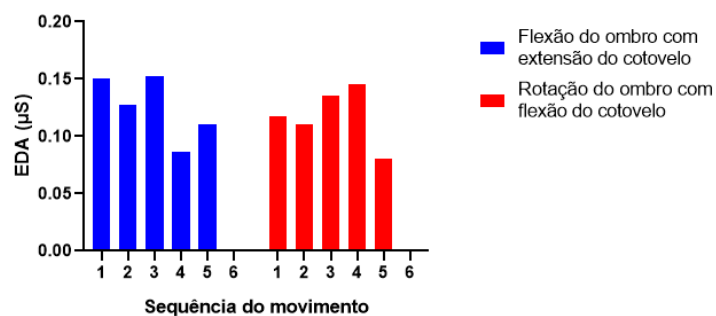


Figura C.60 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_09.

Amplitude média de EDA em função do movimento

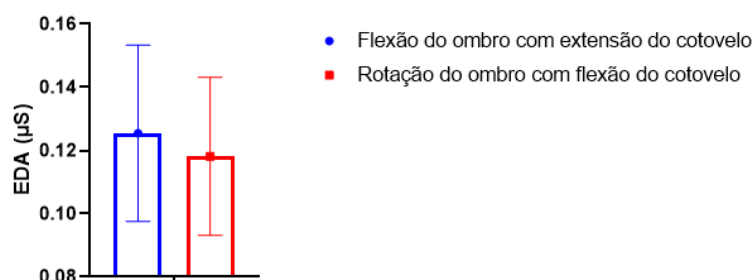


Figura C.61 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_09.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

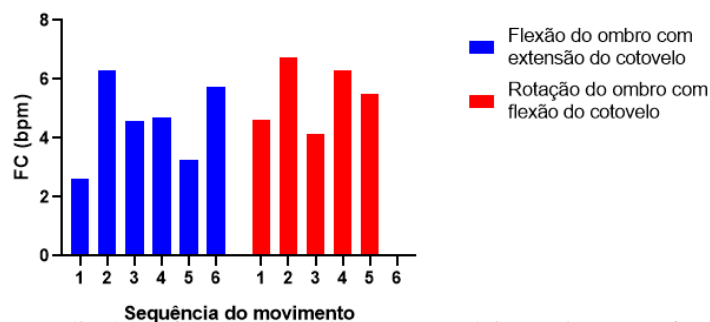


Figura C.62 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_09.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

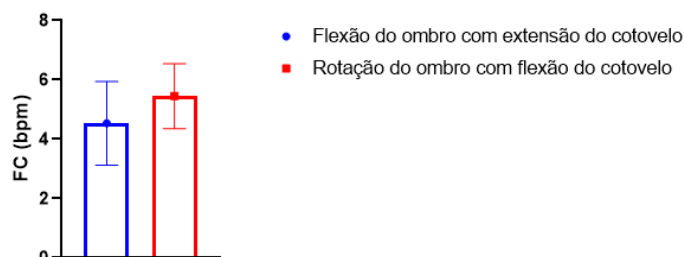


Figura C.63 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_09.

SemP_10

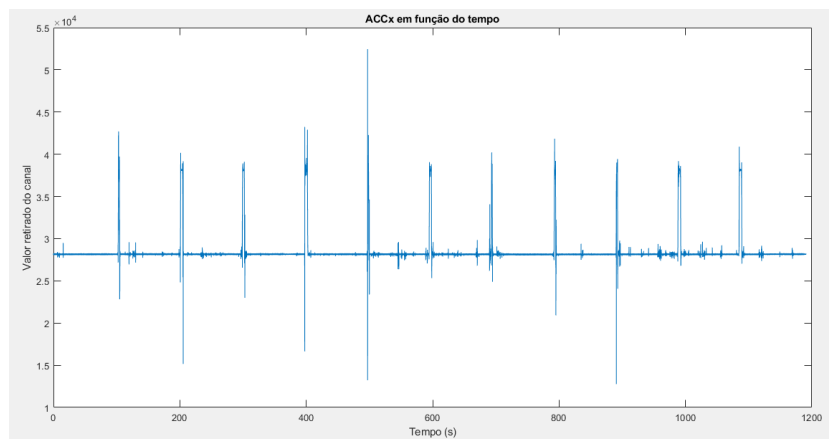


Figura C.64 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_10.

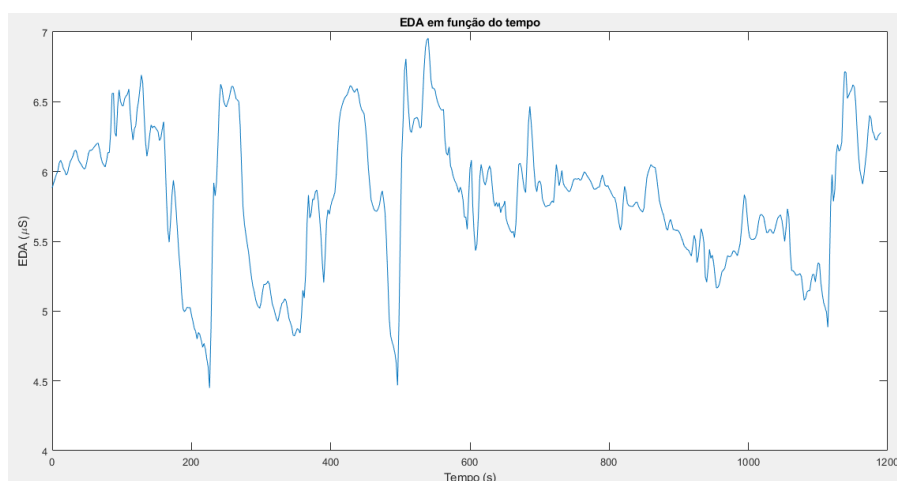


Figura C.65 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_10.

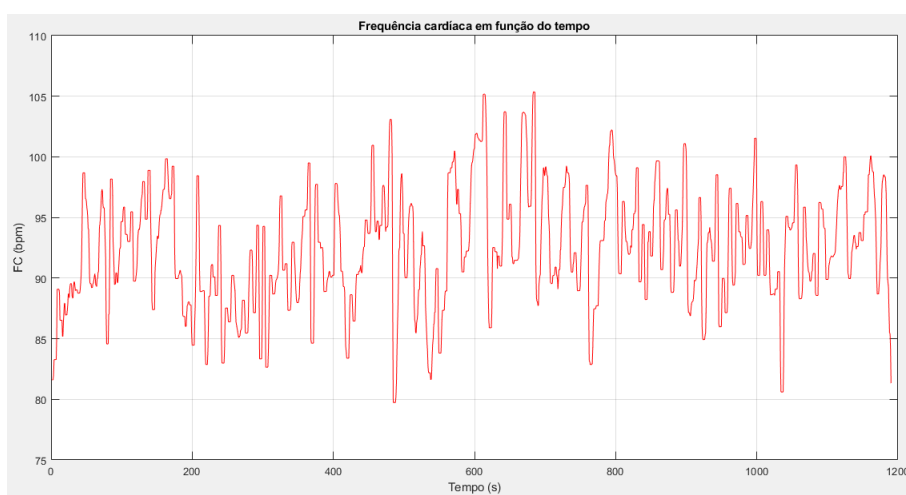


Figura C.66 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_10.

Amplitude EDA em função do movimento

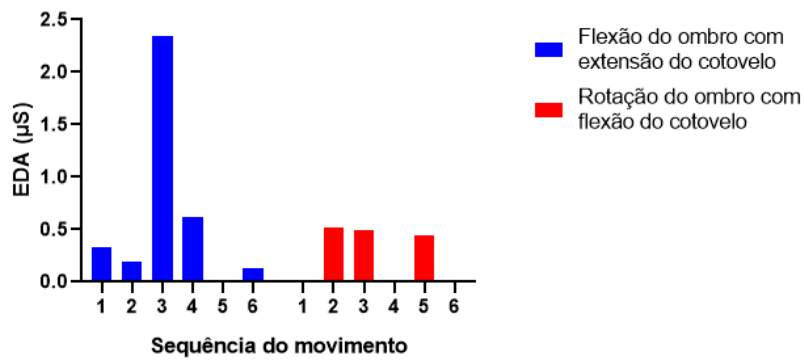


Figura C.67 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_10.

Amplitude média de EDA em função do movimento

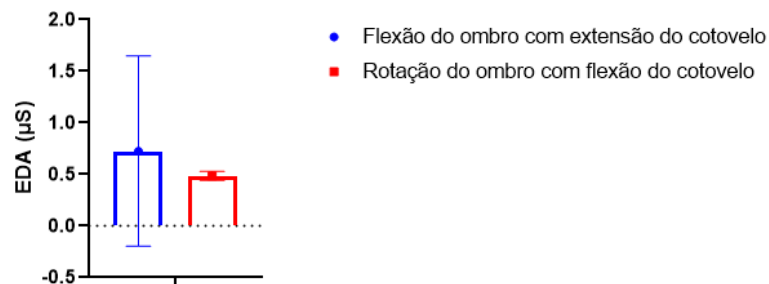


Figura C.68 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_10.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

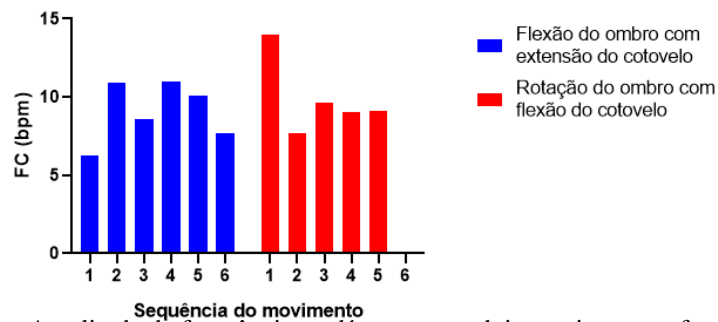


Figura C.69 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_10.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

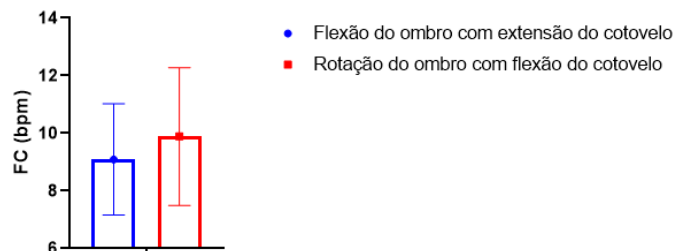


Figura C.70 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_10.

SemP_11

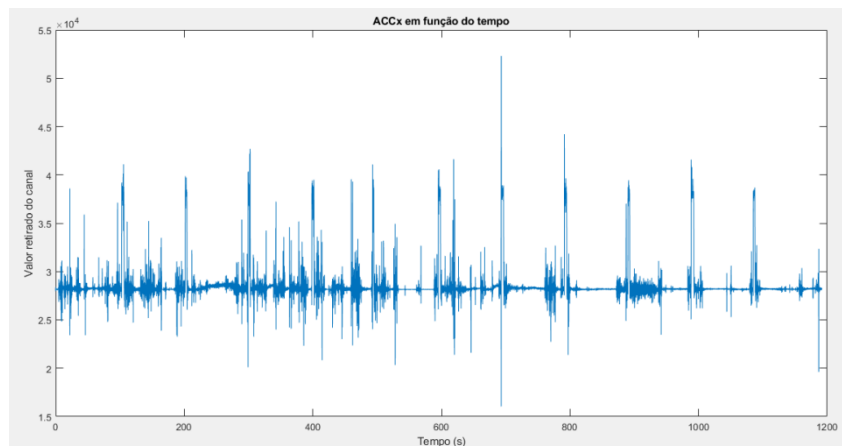


Figura C.71 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_11.

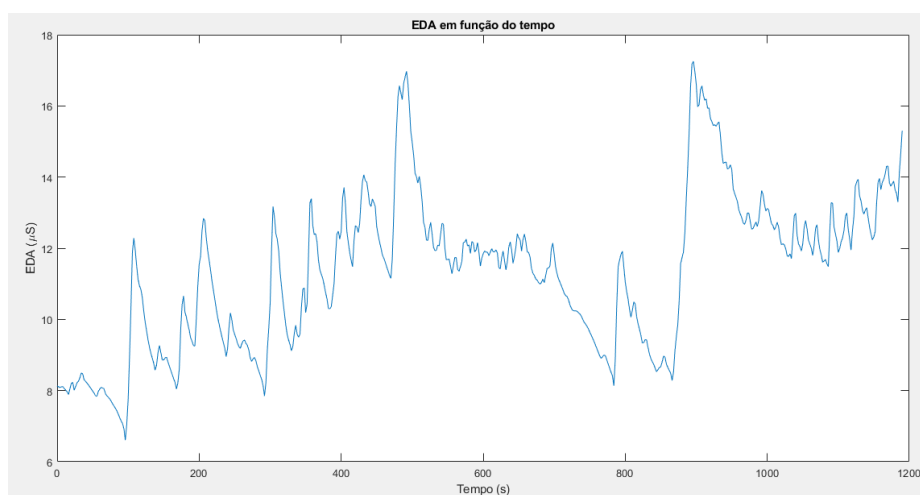


Figura C.72 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_11.

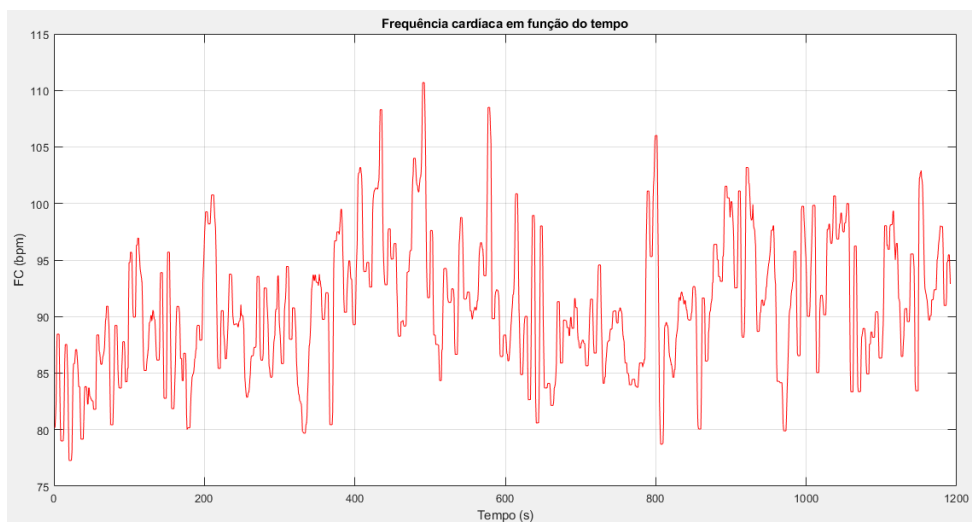


Figura C.73 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_11.

Amplitude EDA em função do movimento

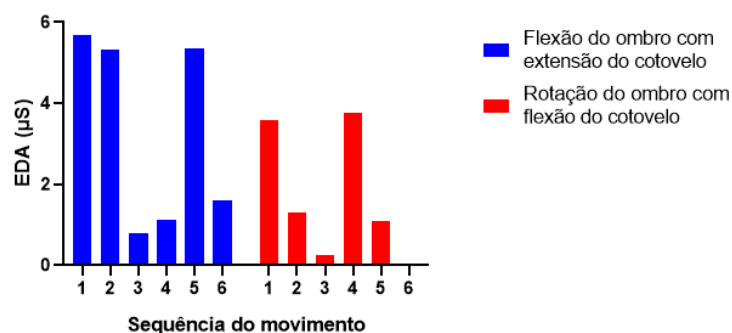


Figura C.74 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_11.

Amplitude média de EDA em função do movimento

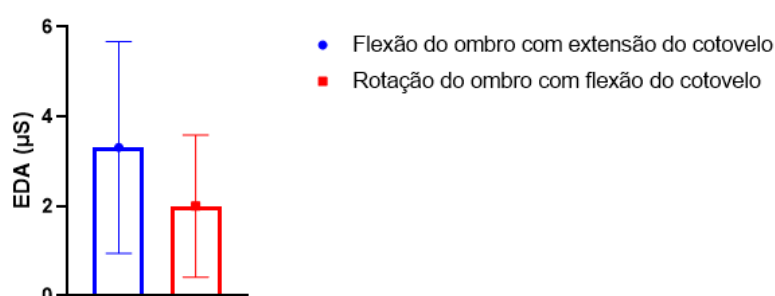


Figura C.75 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_11.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

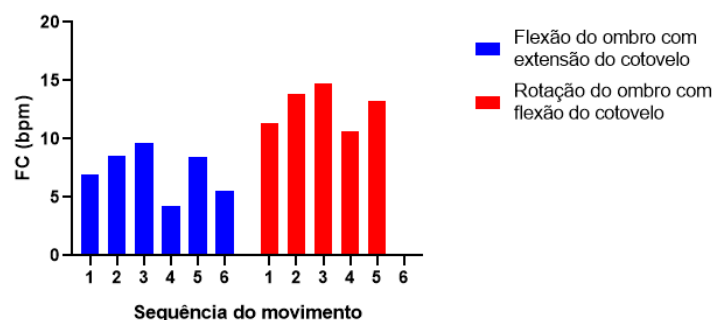


Figura C.76 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_11.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

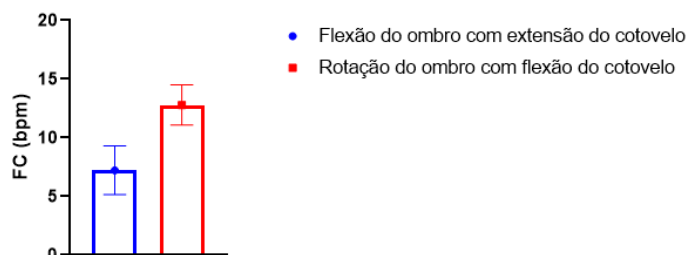


Figura C.77 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_11.

SemP_12

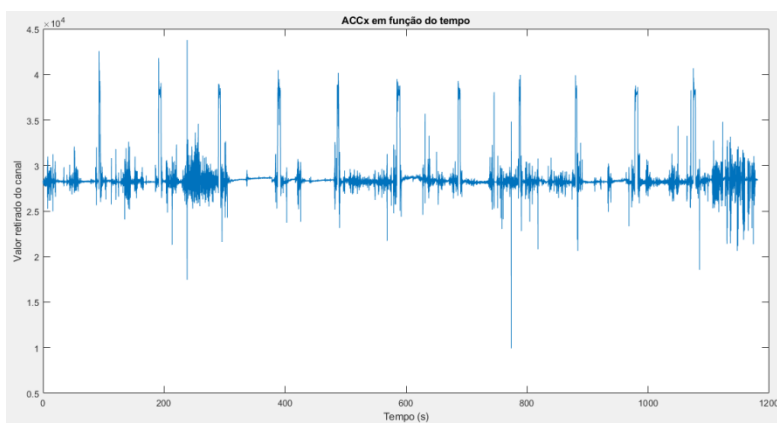


Figura C.78 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_12.

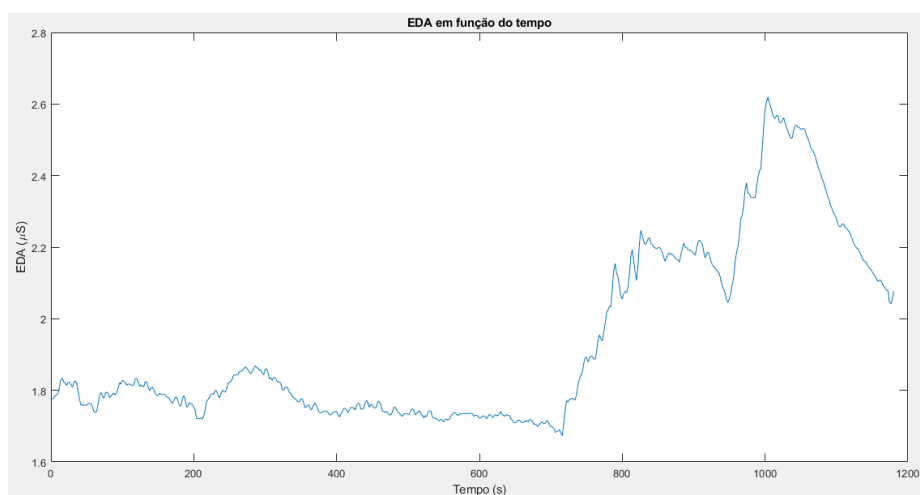


Figura C.79 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_12.

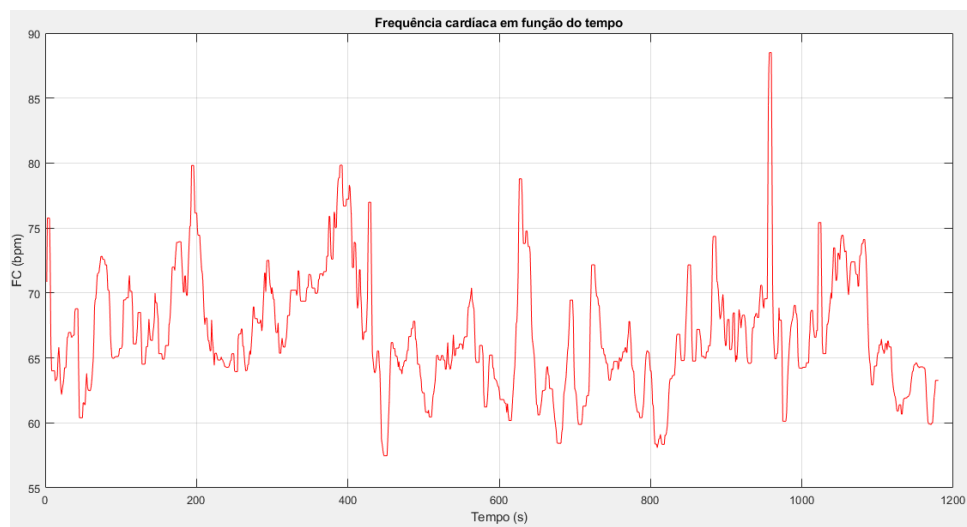


Figura C.80 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_12.

SemP_13

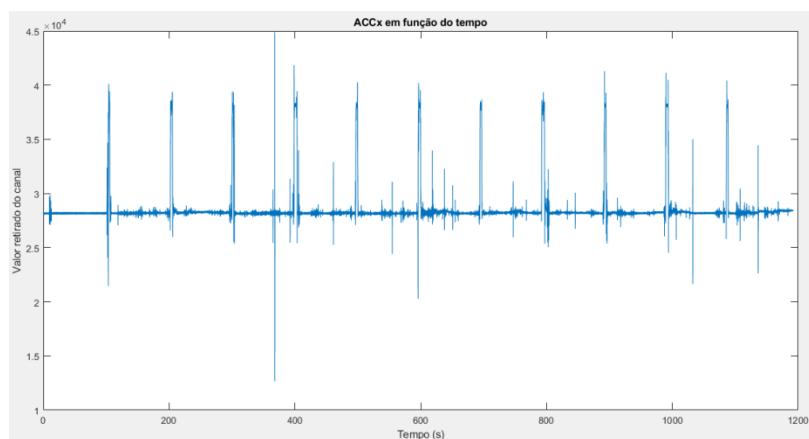


Figura C.81 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_13.

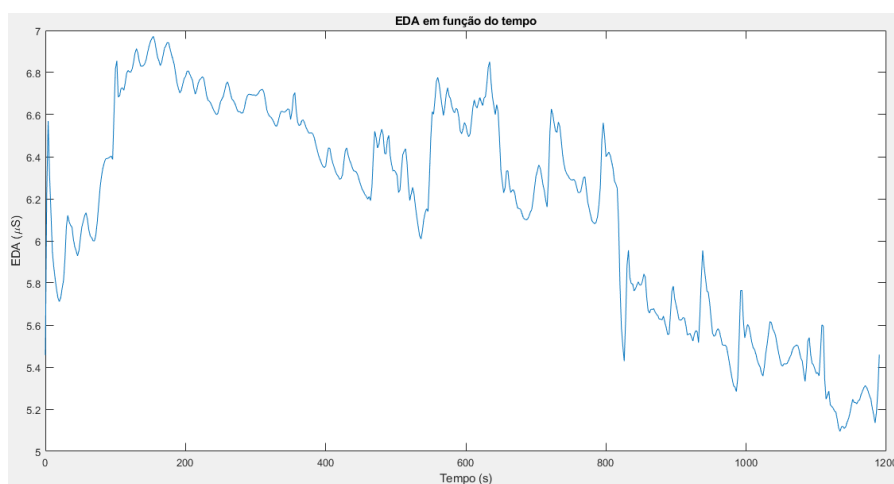


Figura C.82 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_13.

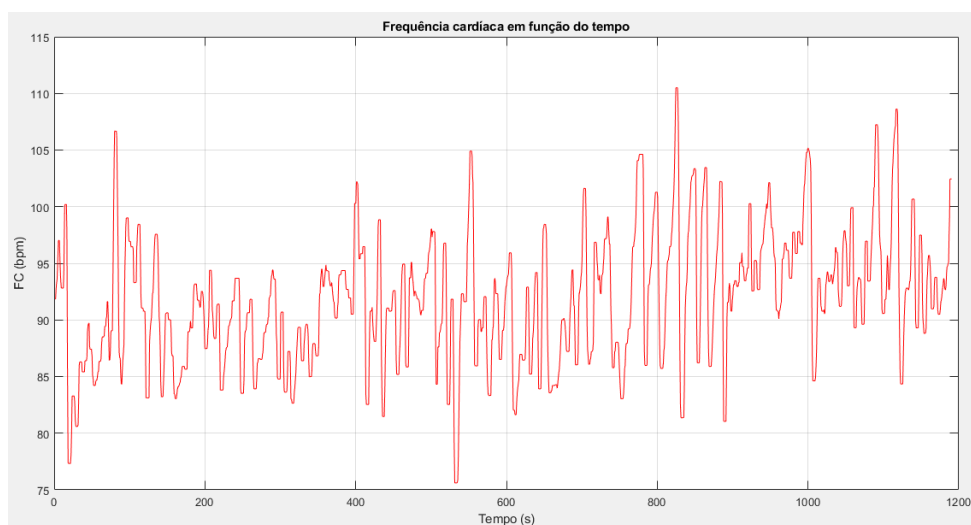


Figura C.83 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_13.

Amplitude EDA em função do movimento

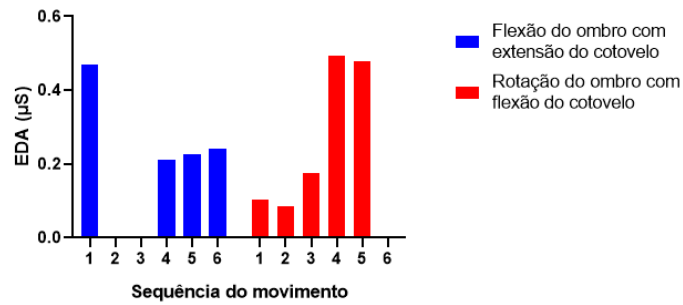


Figura C.84 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_13.

Amplitude média de EDA em função do movimento

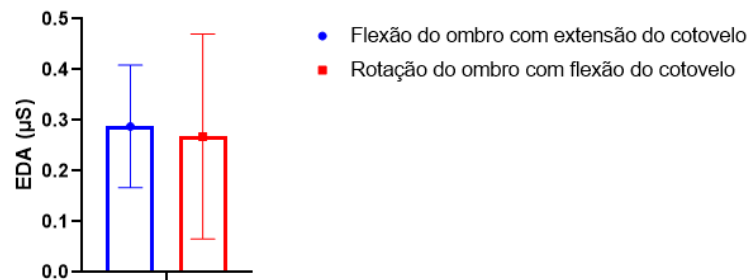


Figura C.85 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_13.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

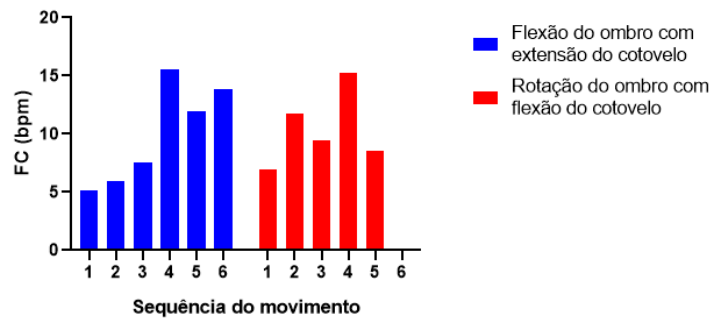


Figura C.86 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_13.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

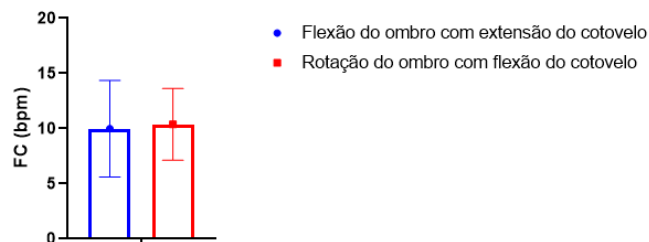


Figura C.87 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_13.

SemP_14

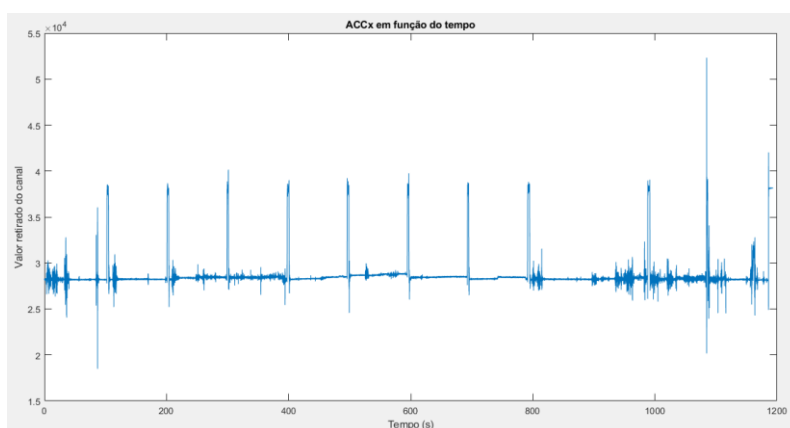


Figura C.88 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_14.

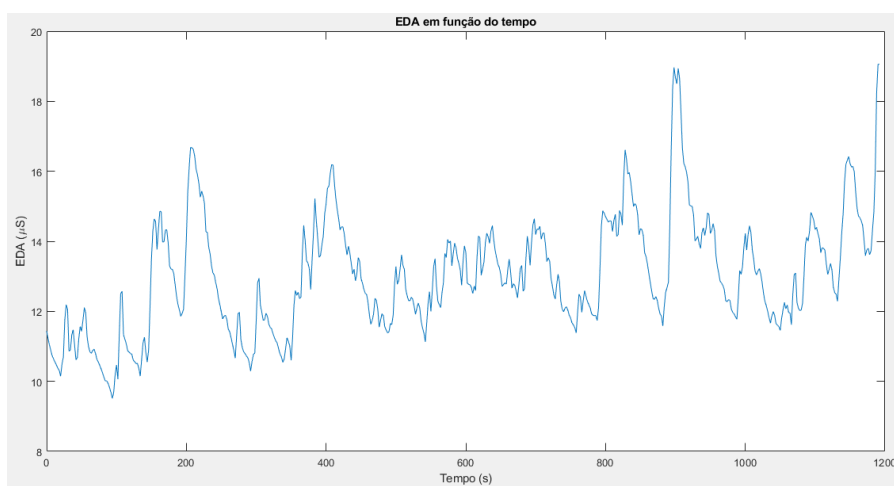


Figura C.89 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_14.

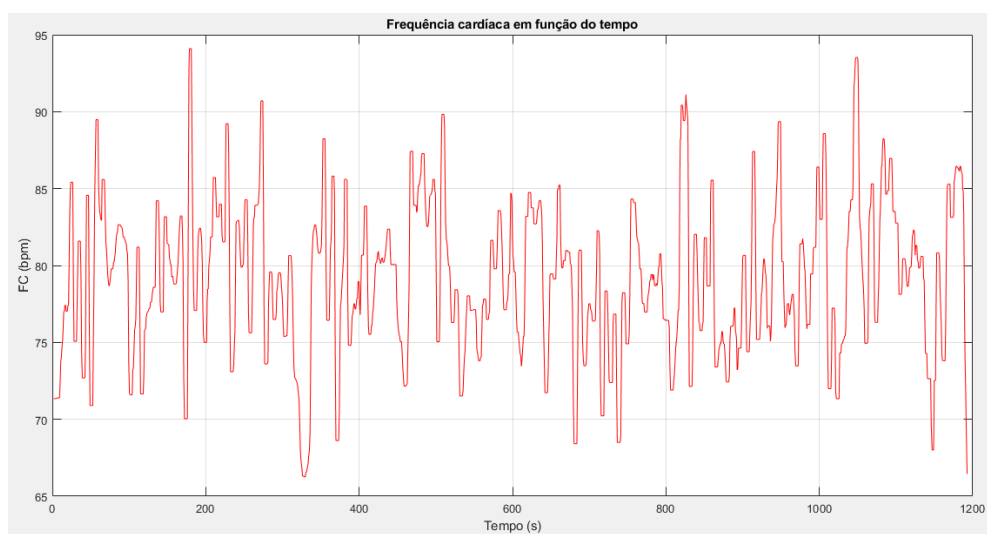


Figura C.90 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_14.

Amplitude EDA em função do movimento

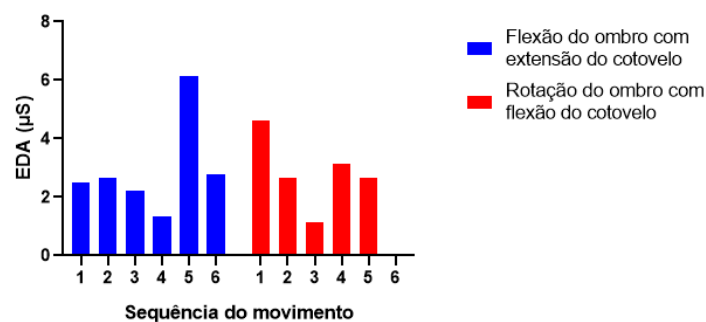


Figura C.91 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_14.

Amplitude média de EDA em função do movimento

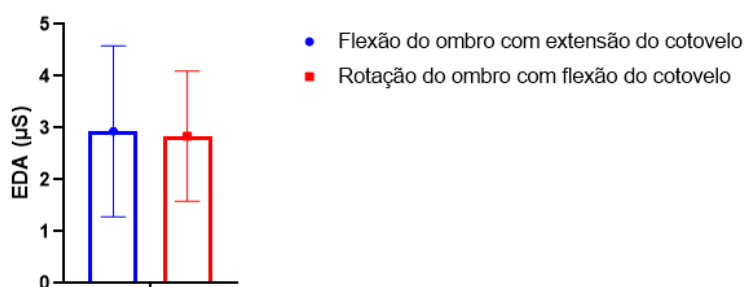


Figura C.92 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_14.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

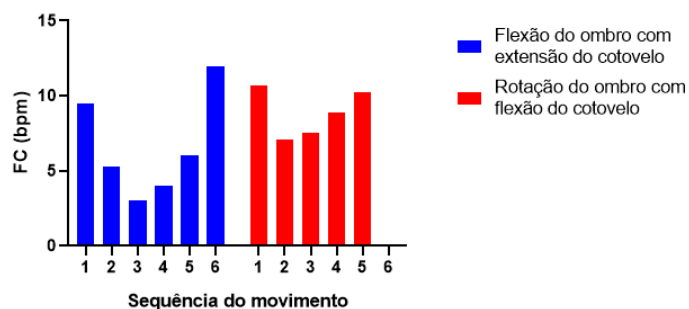


Figura C.93 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_14.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

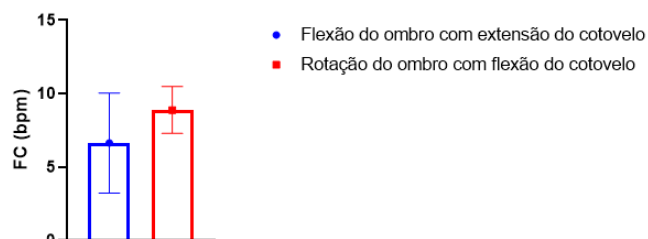


Figura C.94 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_14.

SemP_15

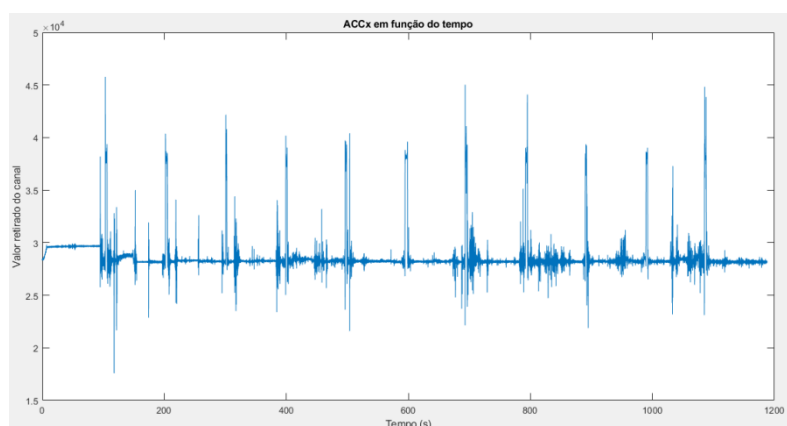


Figura C.95 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_15.

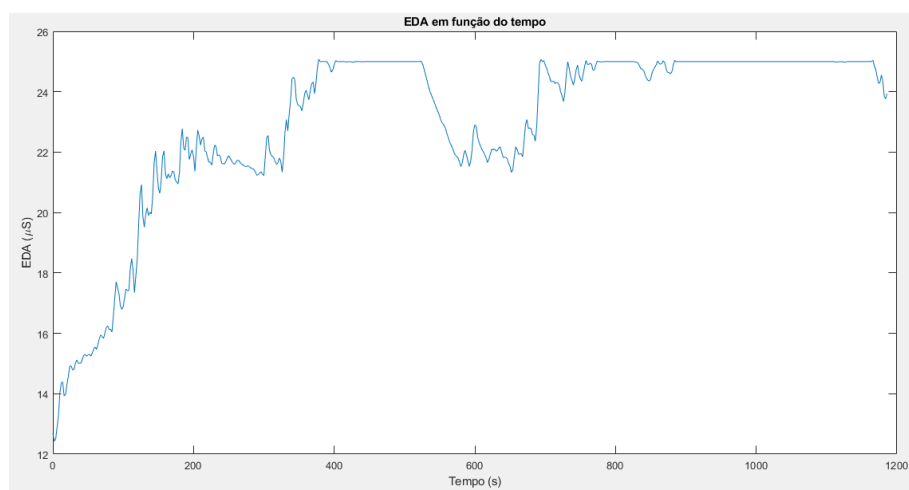


Figura C.96 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_15.

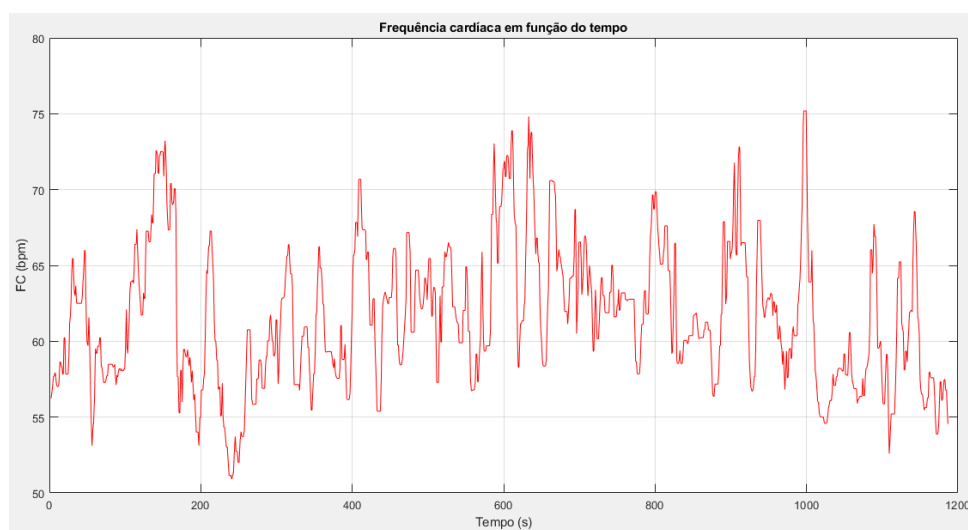


Figura C.97 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_15.

Amplitude EDA em função do movimento

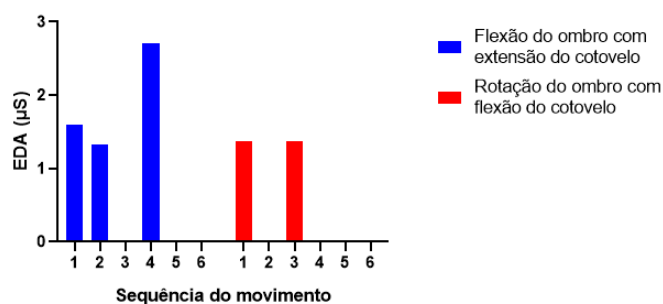


Figura C.98 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_15.

Amplitude média de EDA em função do movimento

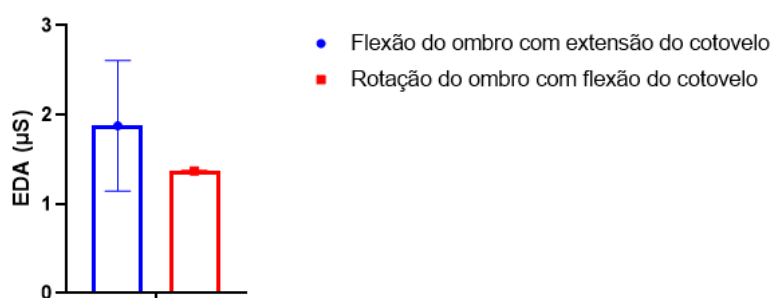


Figura C.99 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_15.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

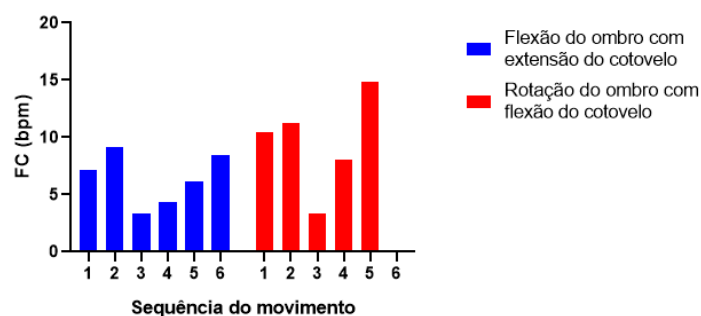


Figura C.100 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_15.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

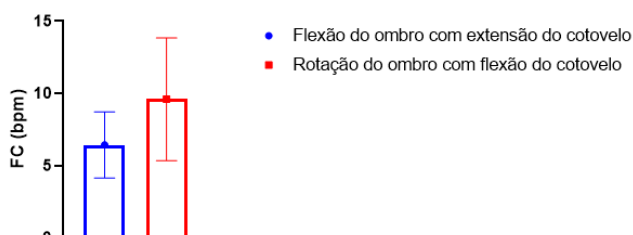


Figura C.101 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_15.

SemP_16

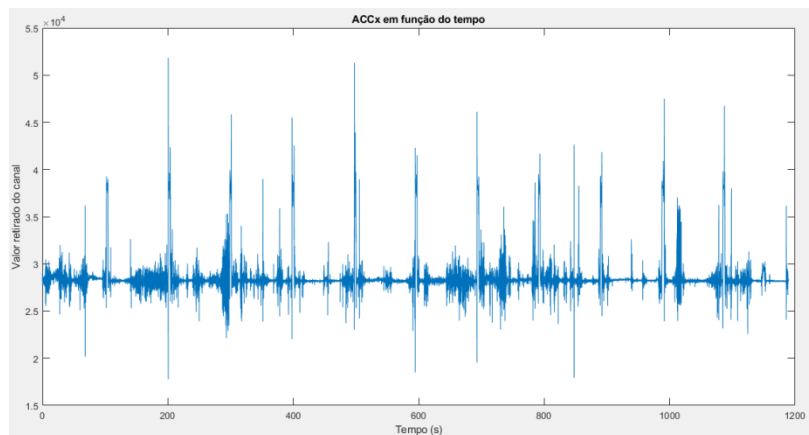


Figura C.102 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_16.

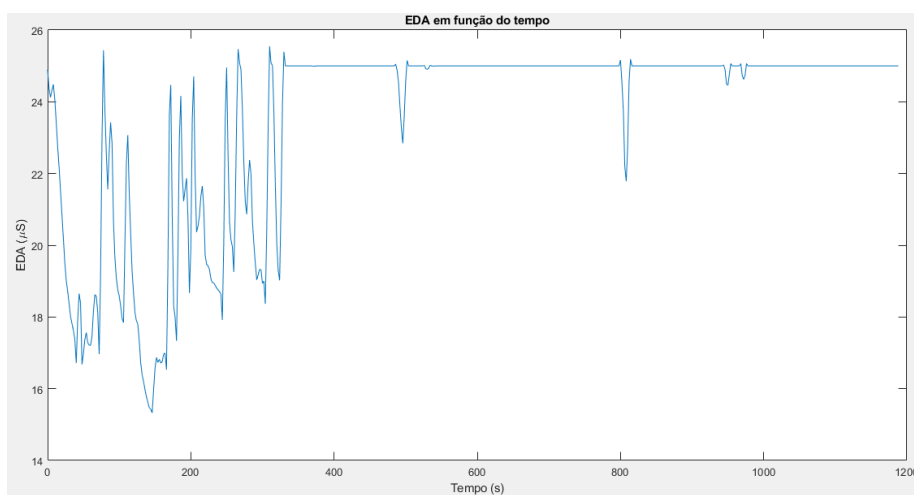


Figura C.103 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_16.

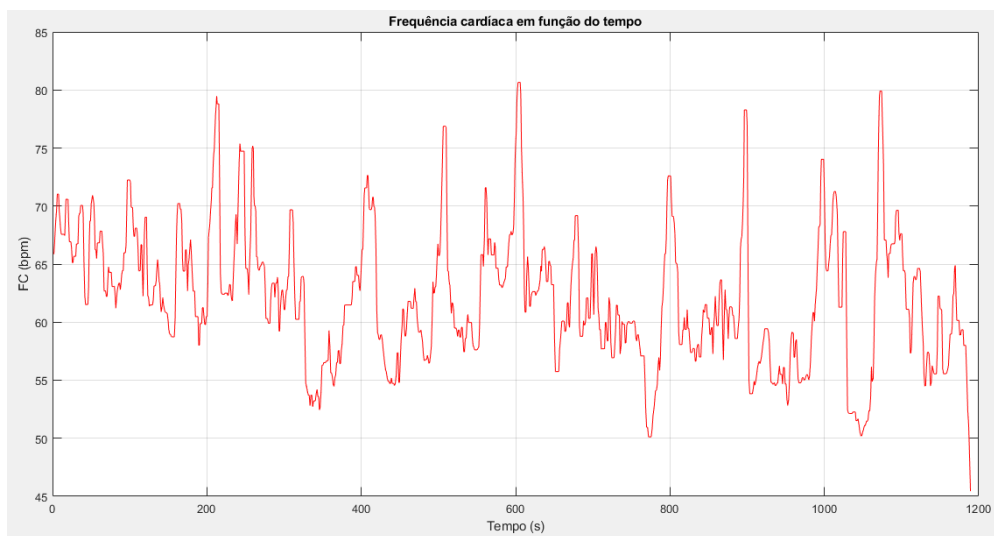


Figura C.104 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_16.

Amplitude EDA em função do movimento

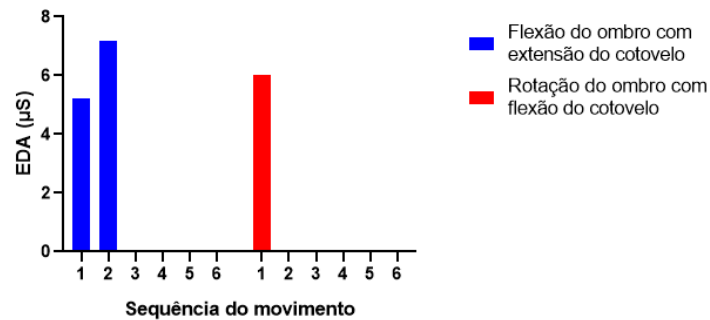


Figura C.105 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_16.

Amplitude média de EDA em função do movimento

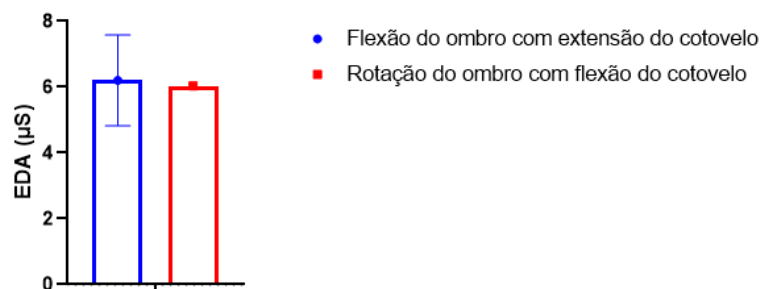


Figura C.106 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_16.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

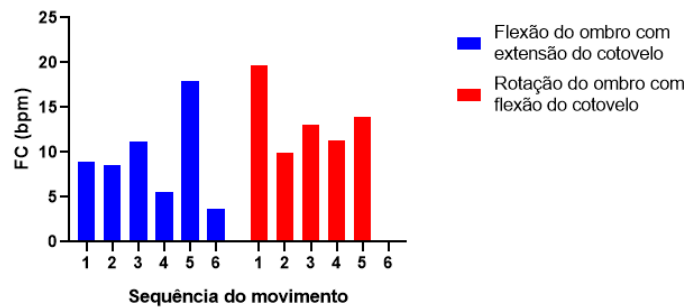


Figura C.107 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_16.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

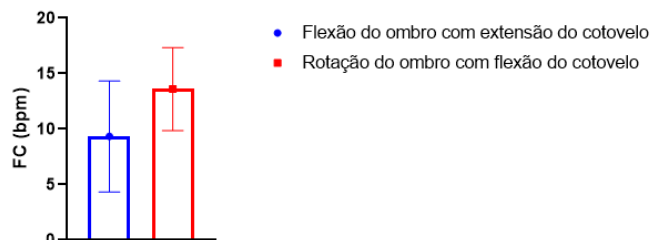


Figura C.108 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_16.

SemP_17

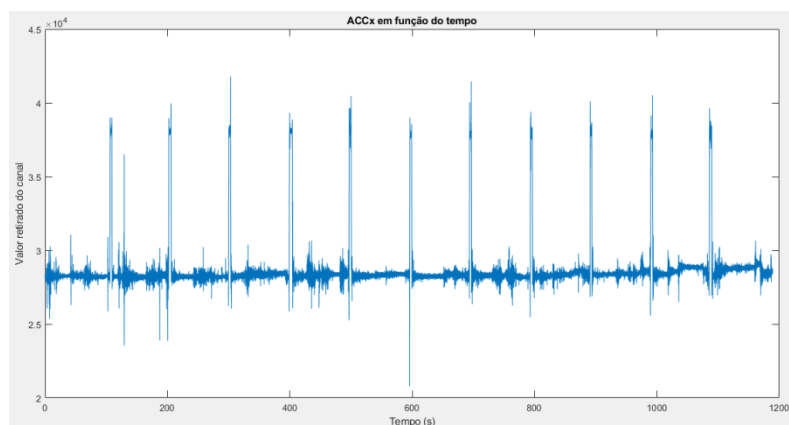


Figura C.109 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_17.

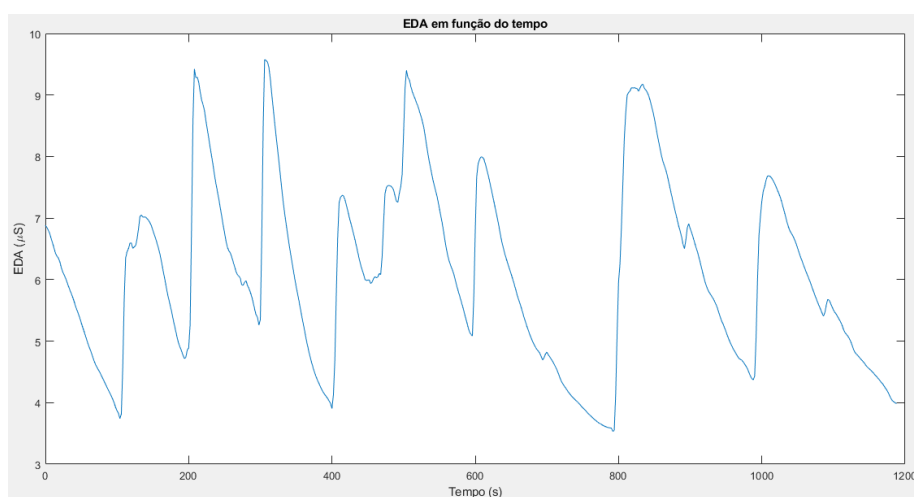


Figura C.110 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_17.

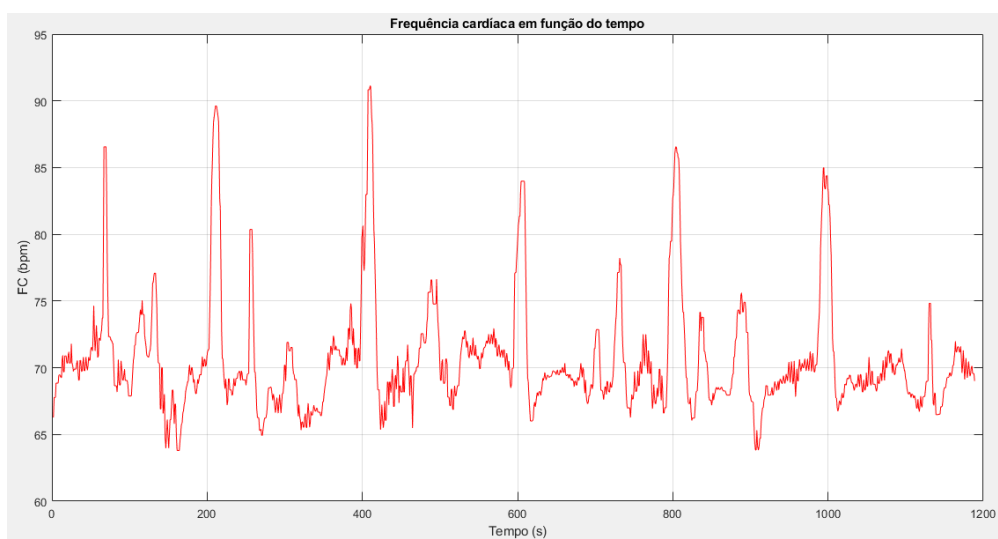


Figura C.111 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_17.

Amplitude EDA em função do movimento

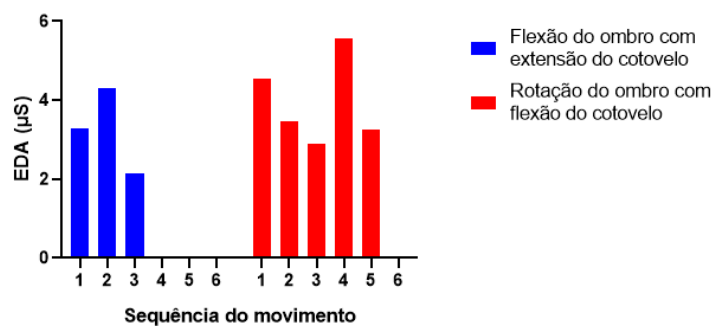


Figura C.112 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante SemP_17.

Amplitude média de EDA em função do movimento

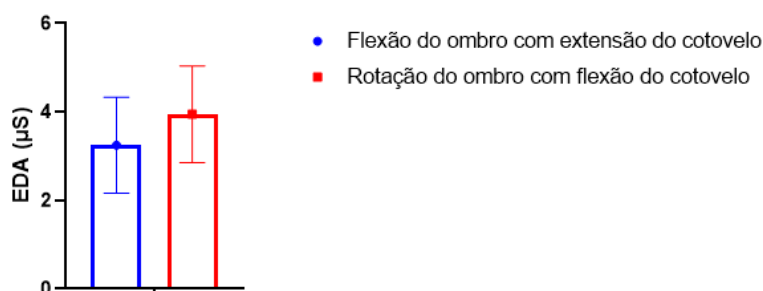


Figura C.113 – Amplitude média do sinal eletrodérmico para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_17.

Amplitude FC (bpm) em função do movimento

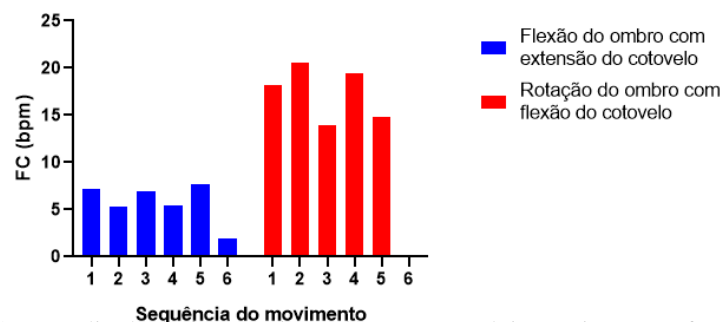


Figura C.114 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_17.

Amplitude média da FC (bpm) em função do movimento

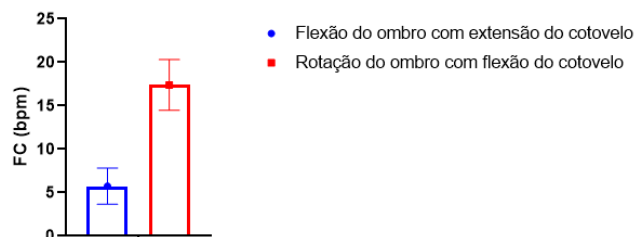


Figura C.114 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante SemP_17.

SemP_18

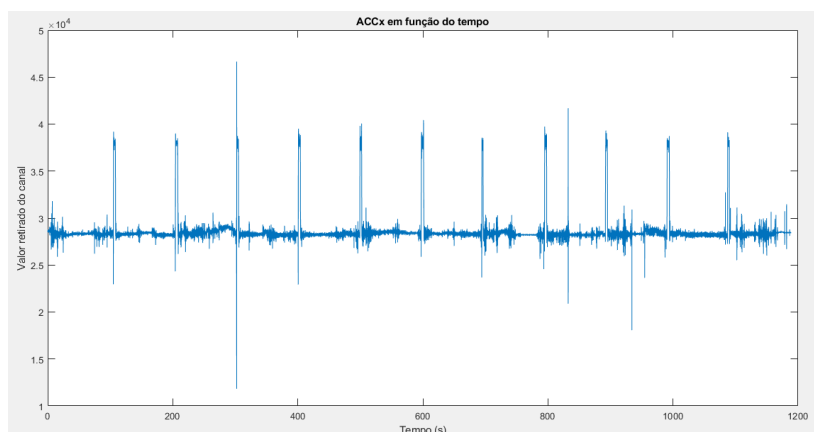


Figura C.115 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante SemP_18.

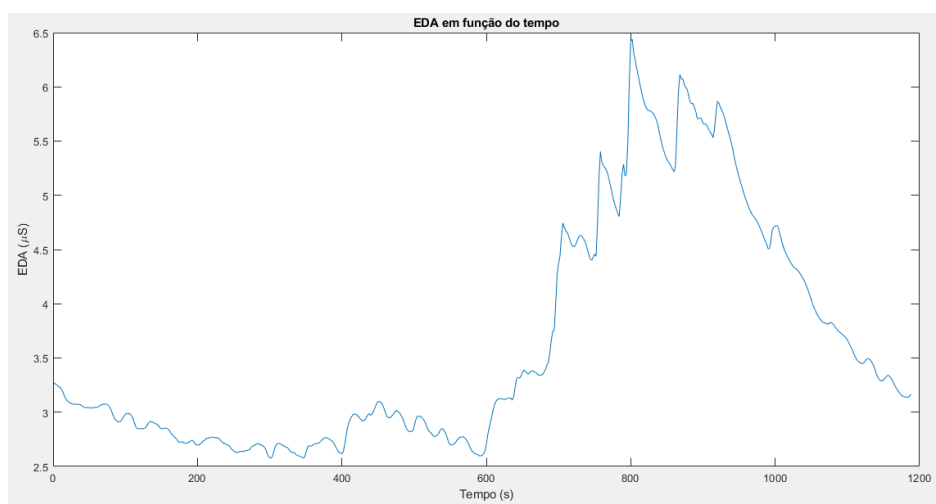


Figura C.116 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante SemP_18.

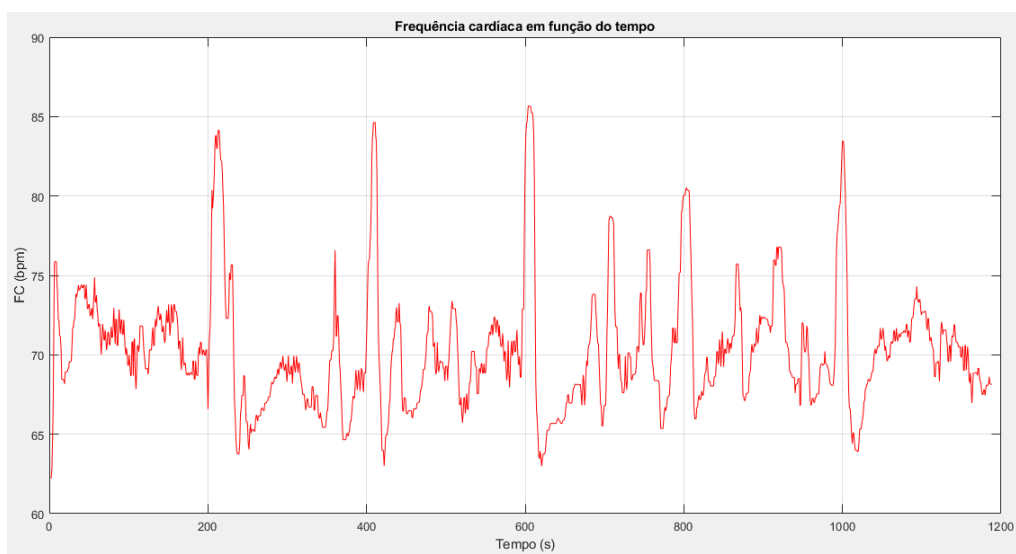


Figura C.117 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante SemP_18.

De seguida encontram-se os gráficos dos participantes com patologia, ordenados por participante.

P_01

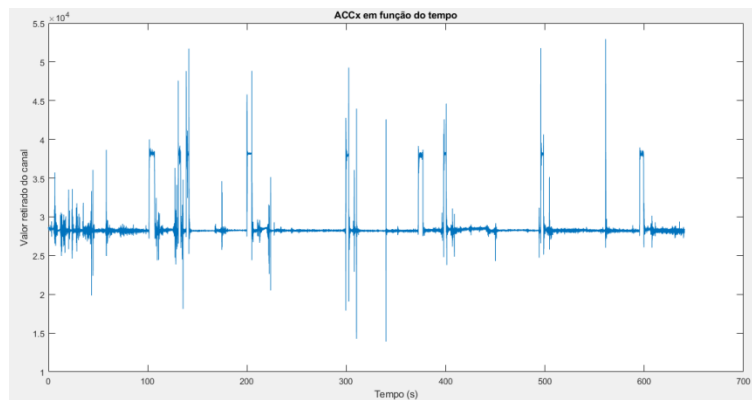


Figura C.118 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_01.

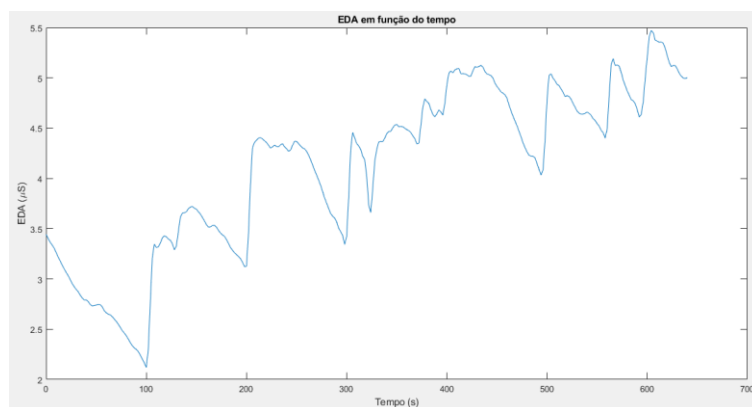


Figura C.119 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_01.

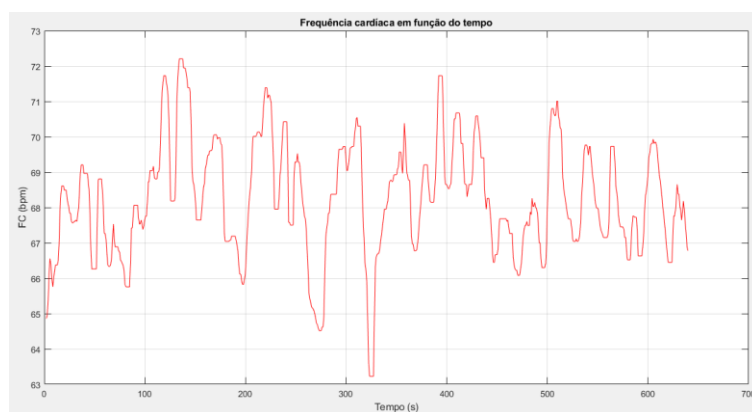


Figura C.120 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_01.

P_02

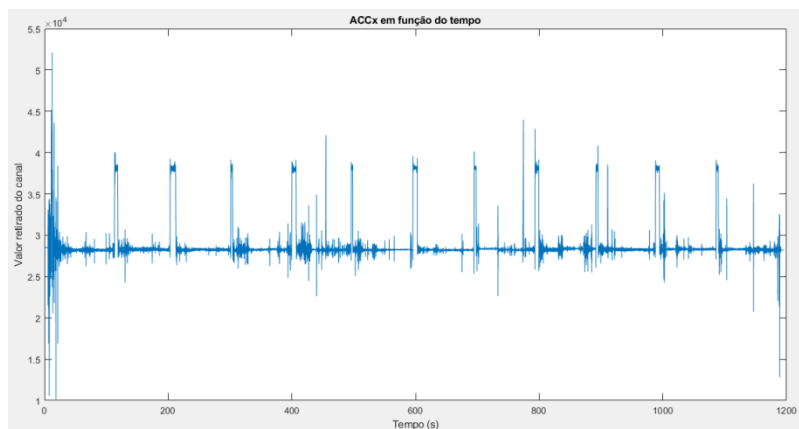


Figura C.121 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_02.

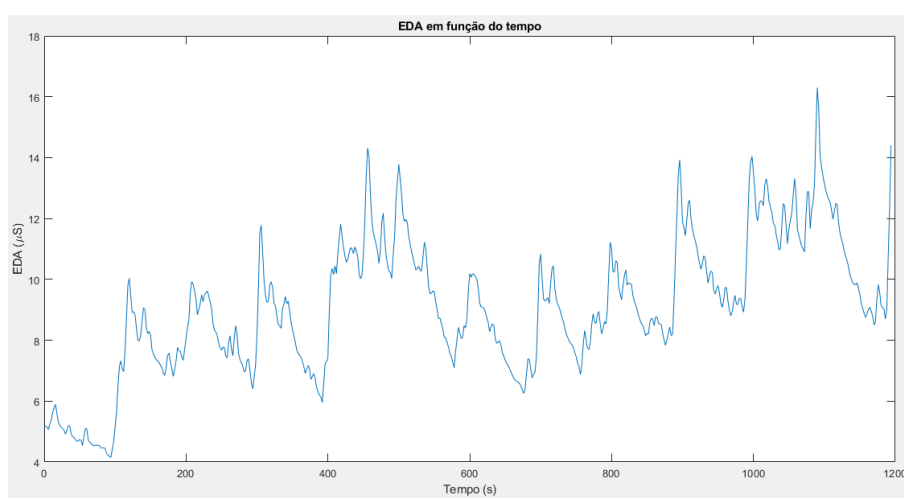


Figura C.122 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_02.

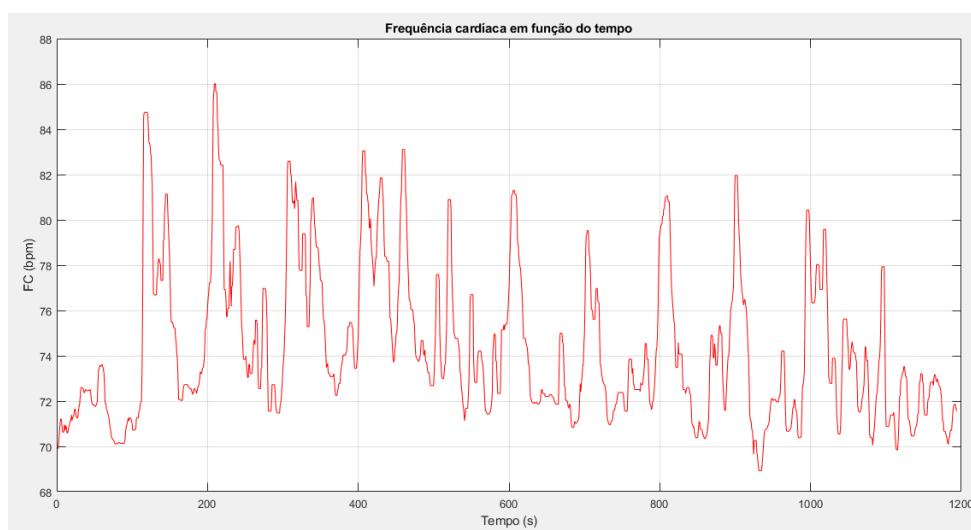


Figura C.123 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_02.

Amplitude EDA em função do movimento

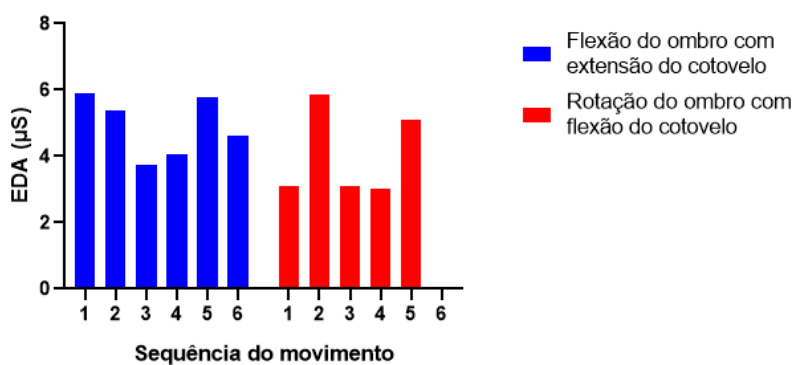


Figura C.124 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_02.

Amplitude FC em função do movimento

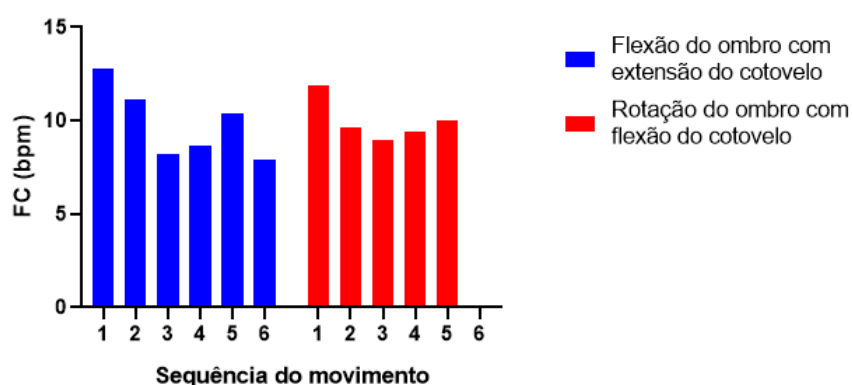


Figura C.125 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_02.

Score de Dor em função do movimento

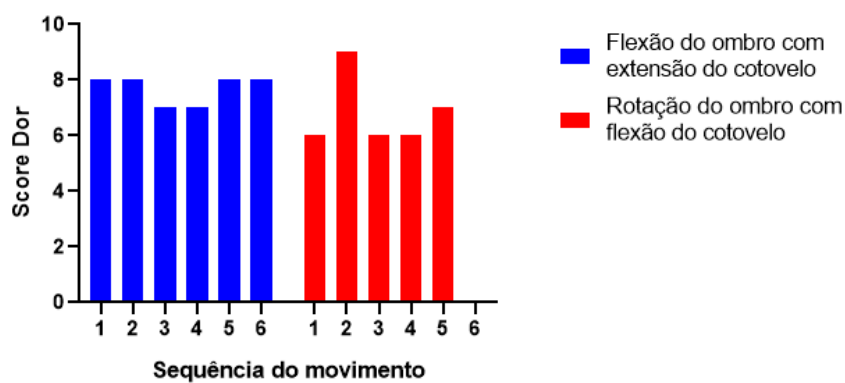


Figura C.126 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_02.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

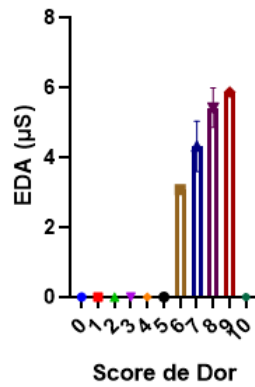


Figura C.127 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_02.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

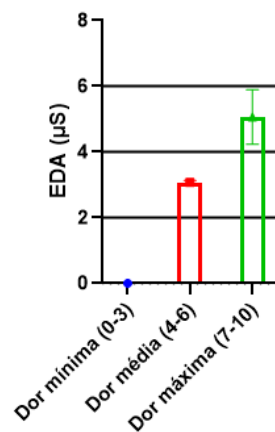


Figura C.128 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_02.

Amplitude FC em função do Score de Dor

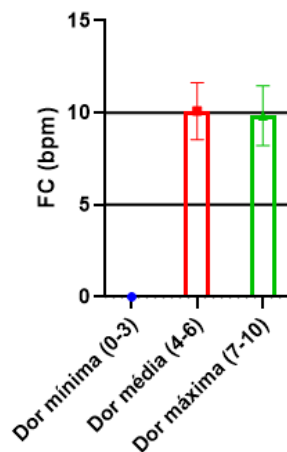


Figura C.129 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_02.

P_03

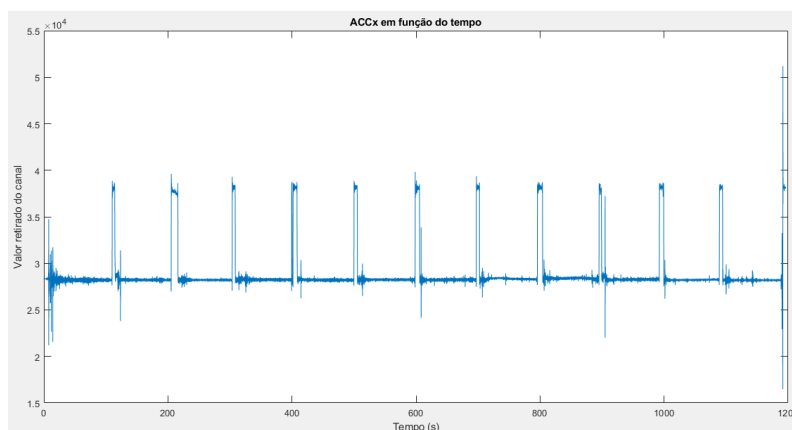


Figura C.130 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_03.

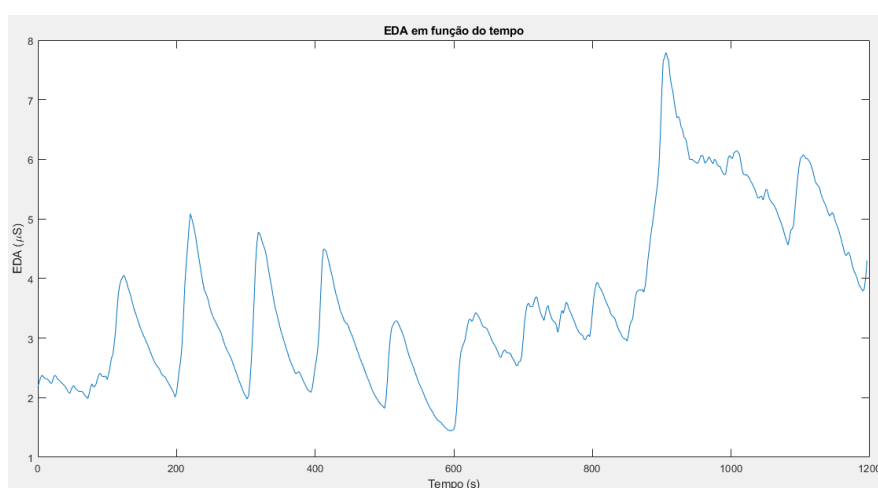


Figura C.131 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_03.

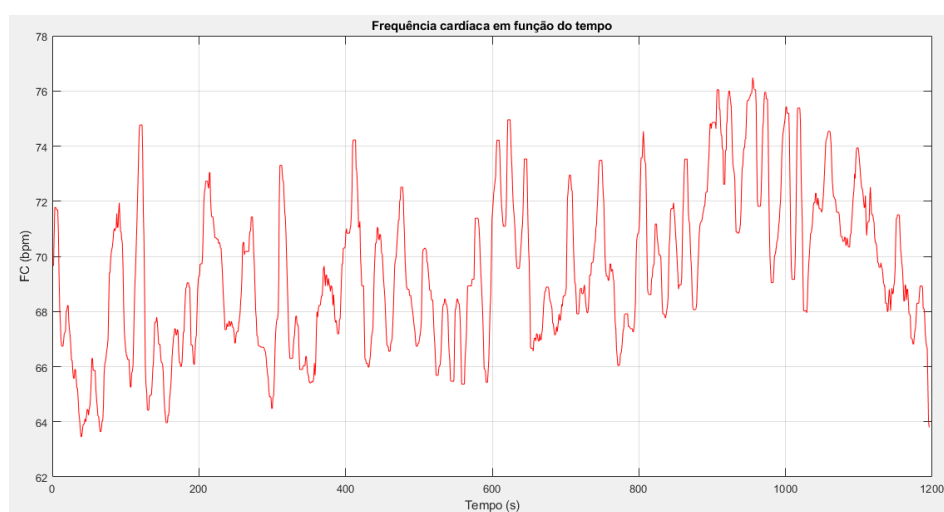


Figura C.132 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_03.

Amplitude EDA em função do movimento

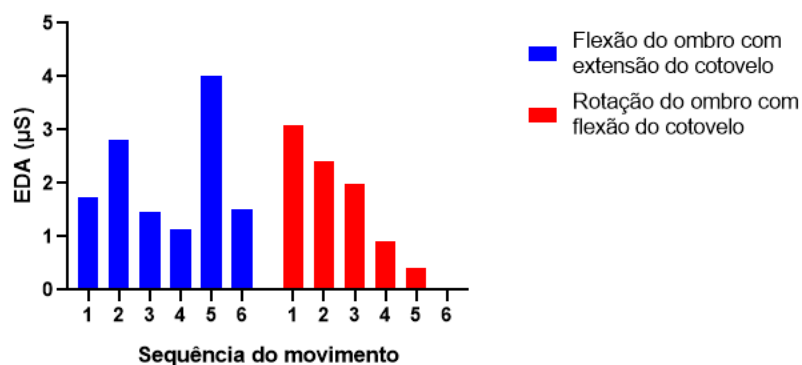


Figura C.134 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_03.

Amplitude FC em função do movimento

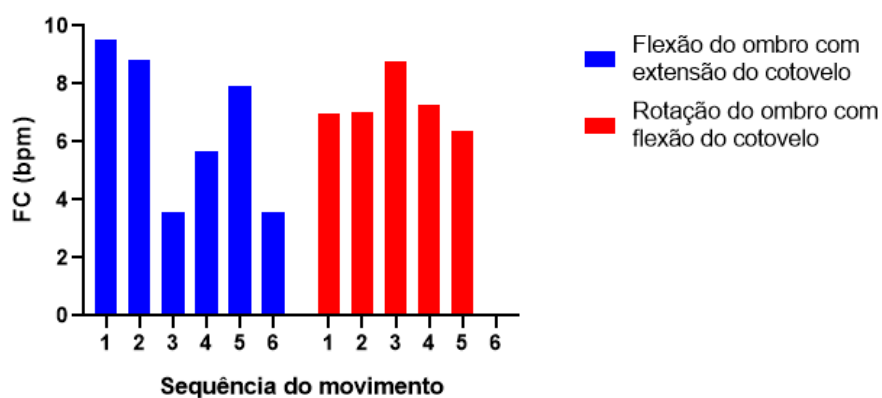


Figura C.135 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_03.

Score de Dor em função do movimento

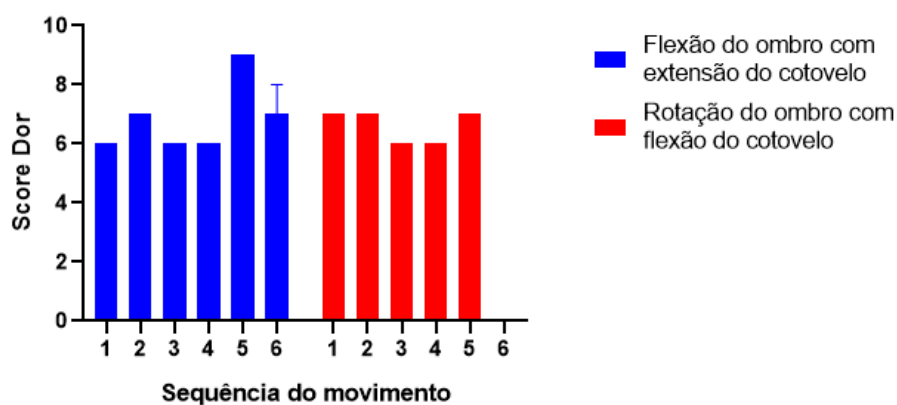


Figura C.136 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_03.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

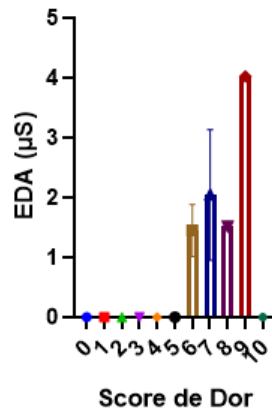


Figura C.137 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_03.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

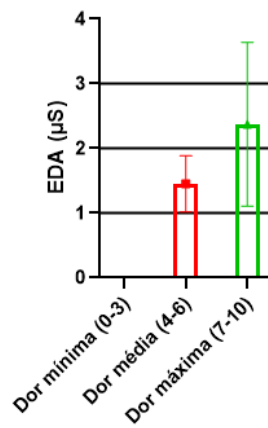


Figura C.138 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_03.

Amplitude FC em função do Score de Dor

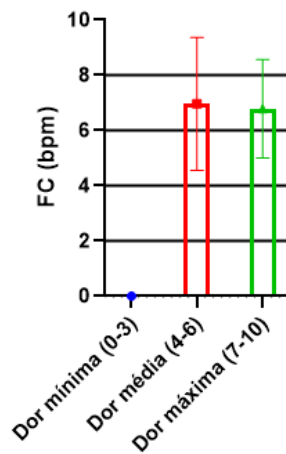


Figura C.139 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_03.

P_04

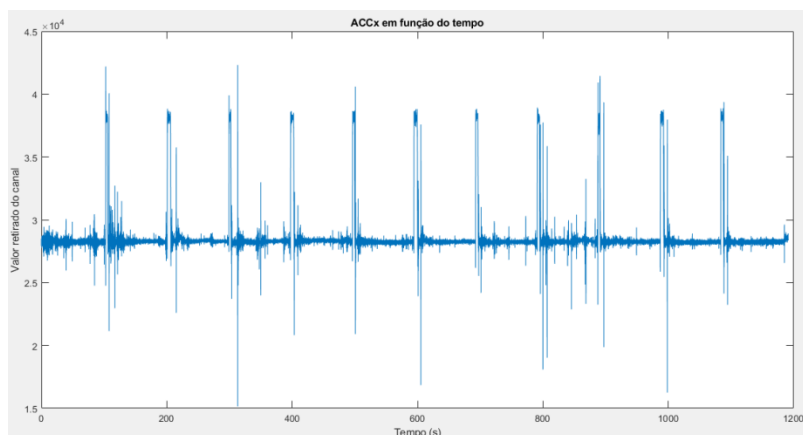


Figura C.140 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_04.

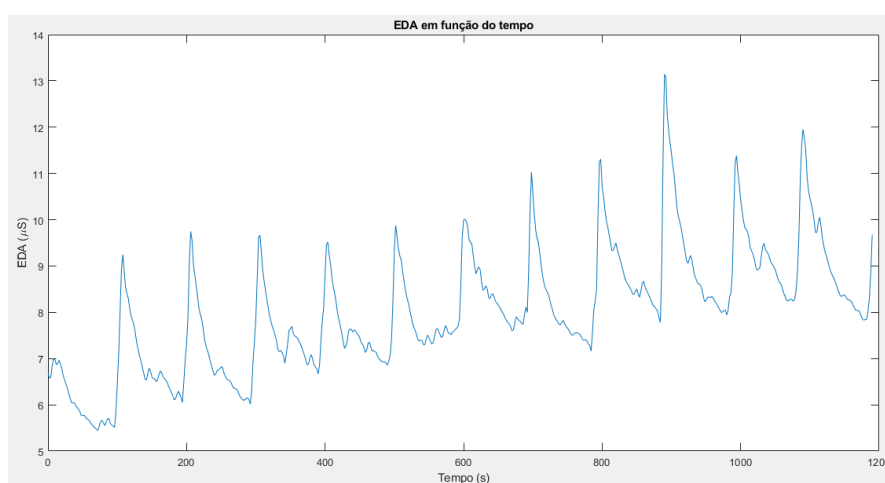


Figura C.141 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_04.

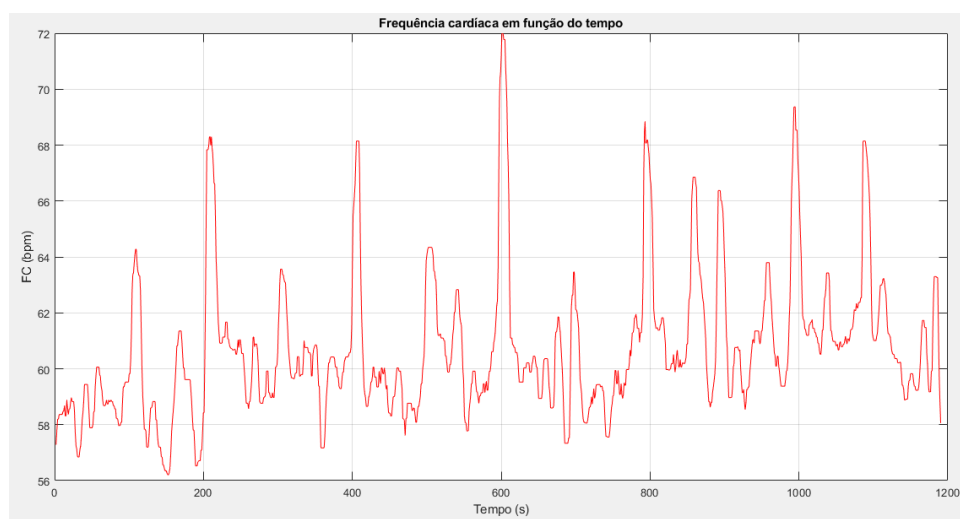


Figura C.142 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_04.

Amplitude EDA em função do movimento

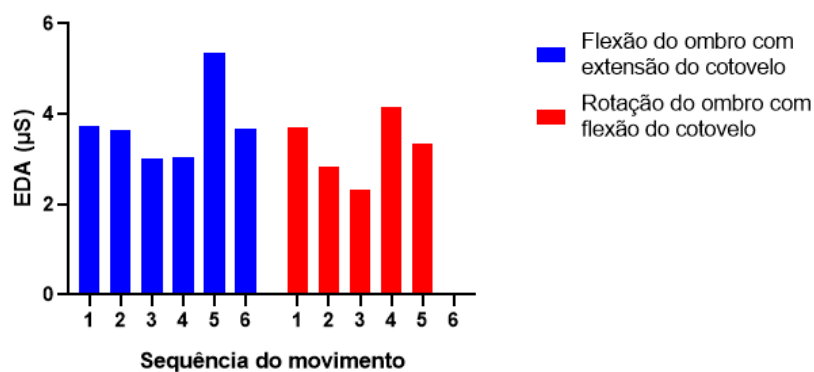


Figura C.143 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_04.

Amplitude FC em função do movimento

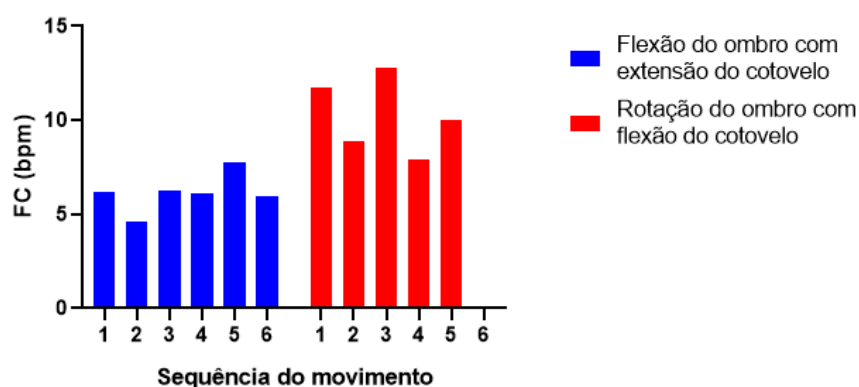


Figura C.144 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_04.

Score de Dor em função do movimento

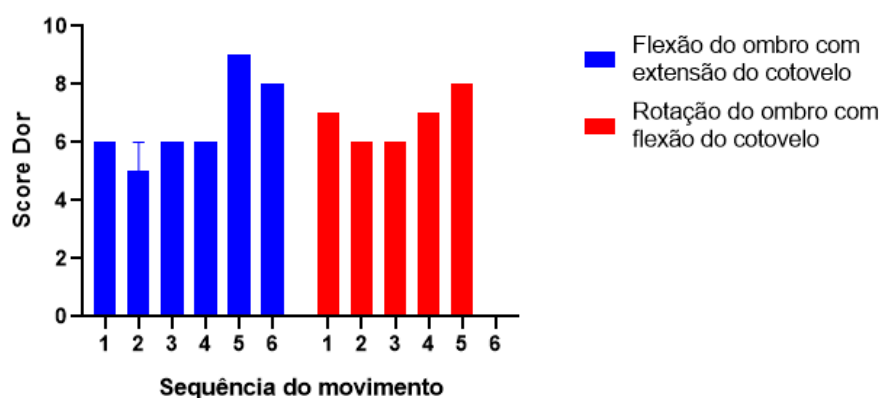


Figura C.145 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_04.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

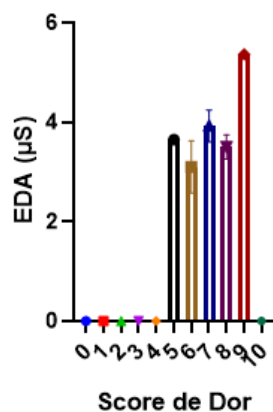


Figura C.146 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_04.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

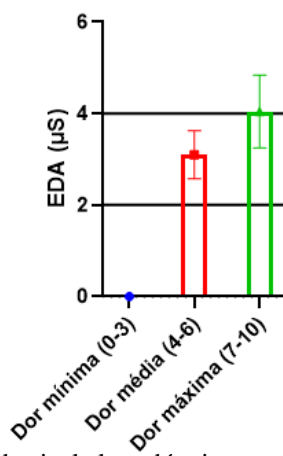


Figura C.147 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_04.

Amplitude FC em função do Score de Dor

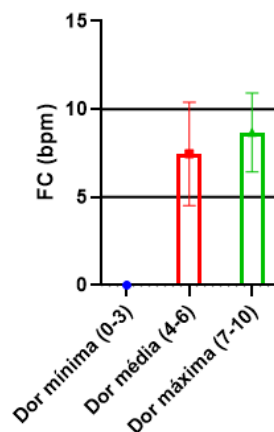


Figura C.148 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_04.

P_05

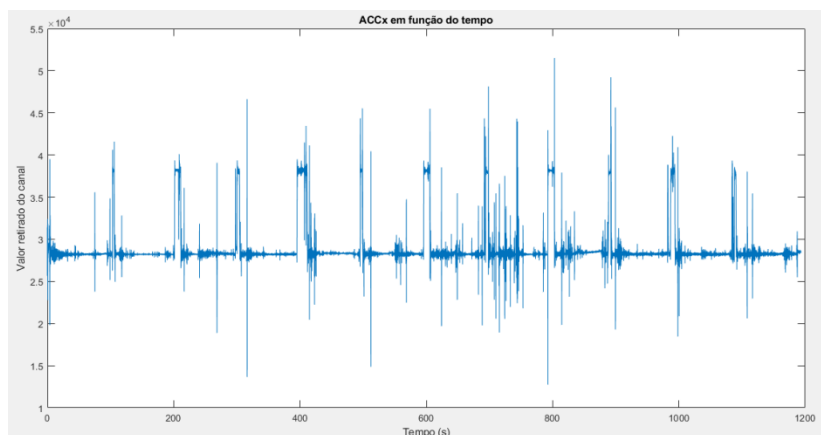


Figura C.149 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_05.

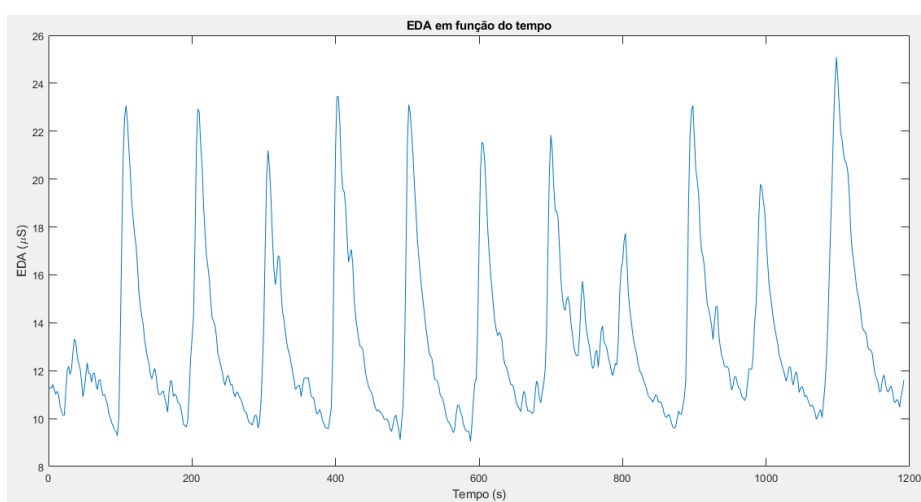


Figura C.150 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_05.

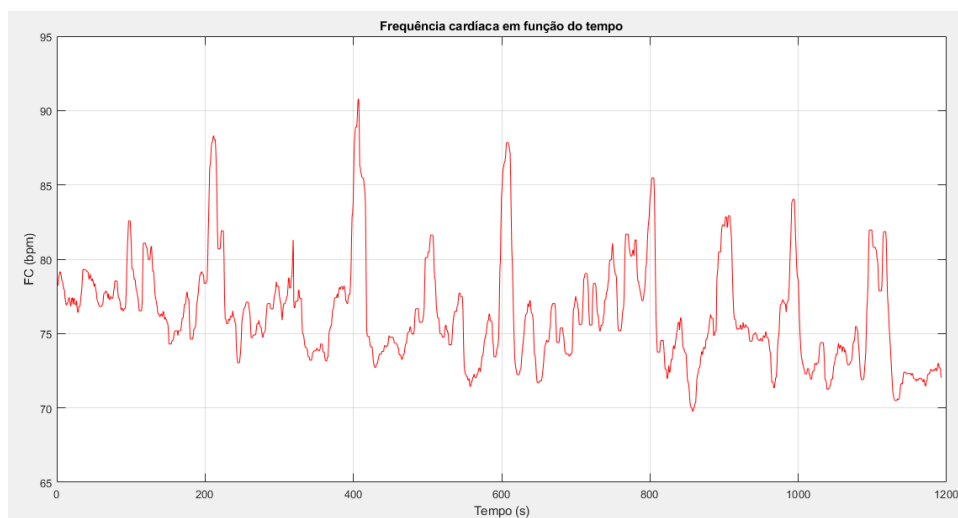


Figura C.151 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_05.

Amplitude EDA em função do movimento

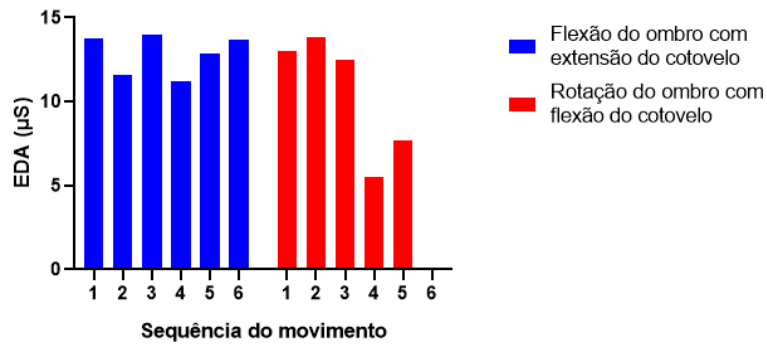


Figura C.152 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_05.

Amplitude FC em função do movimento

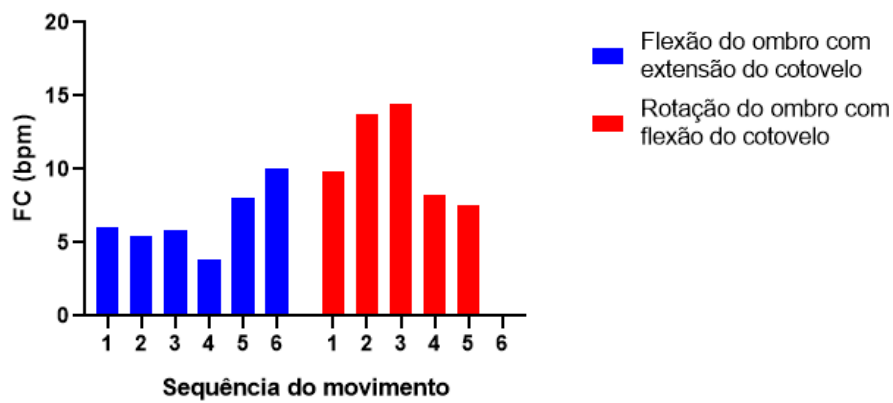


Figura C.153 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_05.

Score de Dor em função do movimento

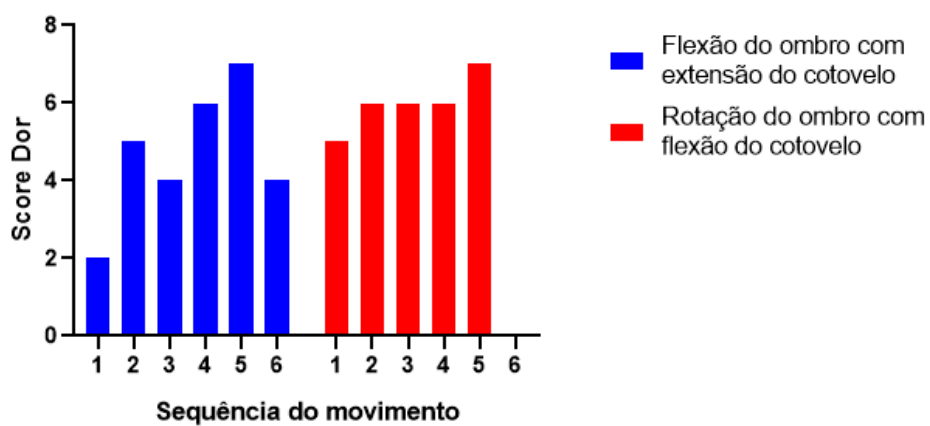


Figura C.154 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_05.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

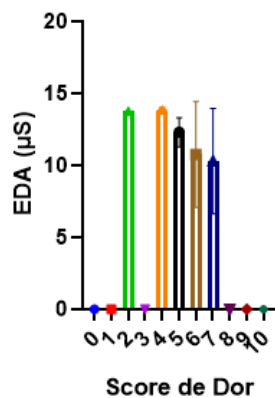


Figura C.155 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_05.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

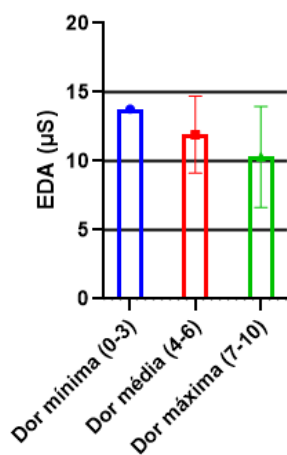


Figura C.156 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_05.

Amplitude FC em função do Score de Dor

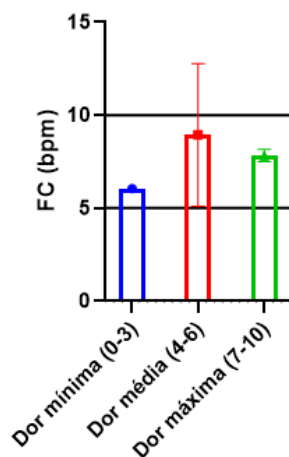


Figura C.157 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_05.

P_06

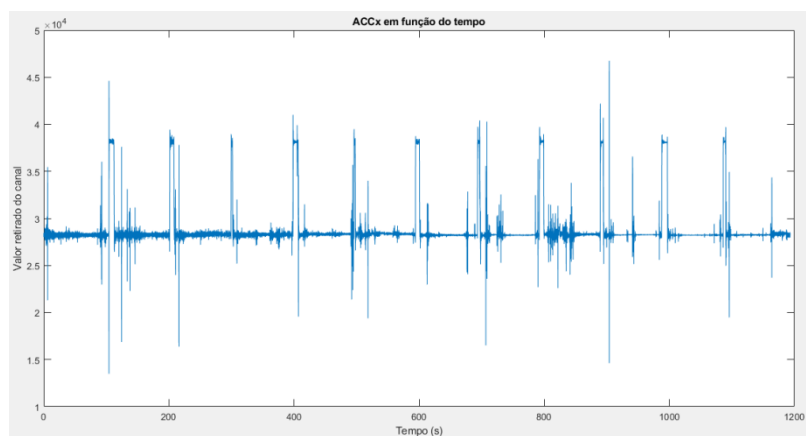


Figura C.158 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_06.

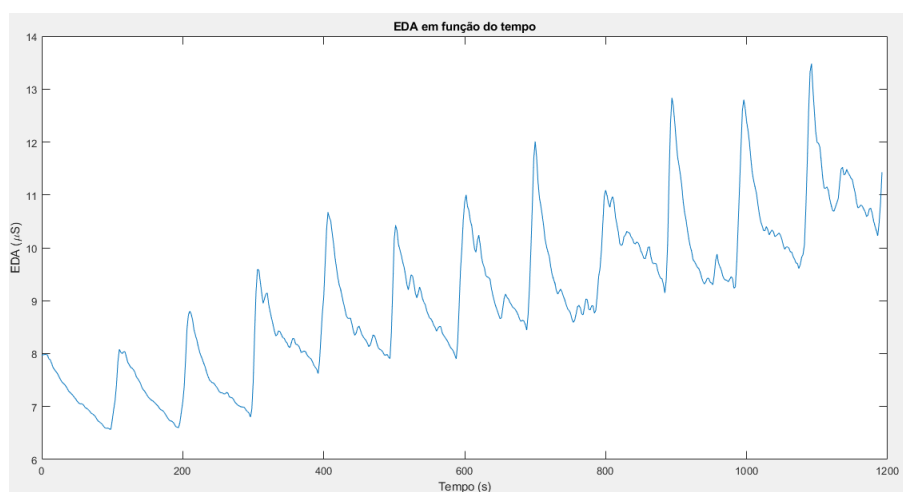


Figura C.159 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_06.

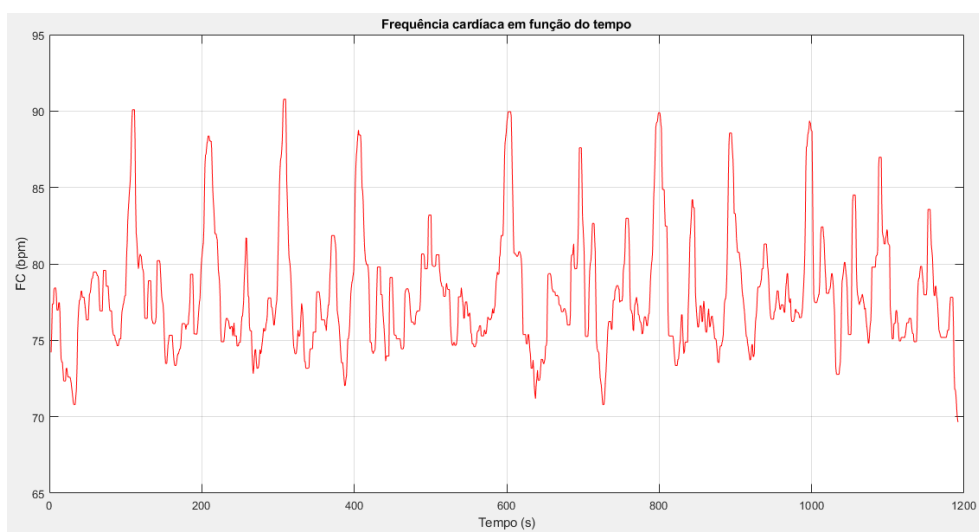


Figura C.160 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_06.

Amplitude EDA em função do movimento

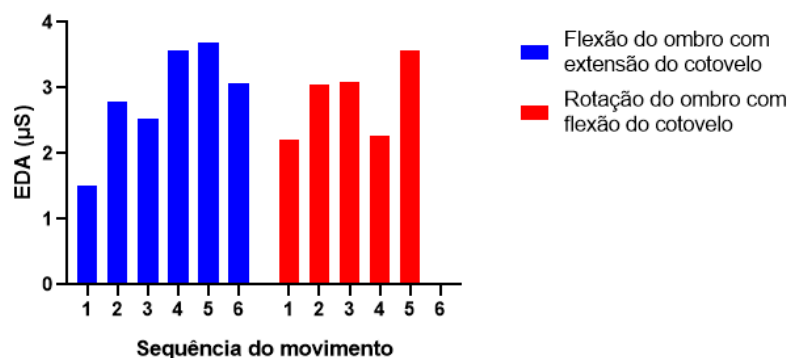


Figura C.161 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_06.

Amplitude FC em função do movimento

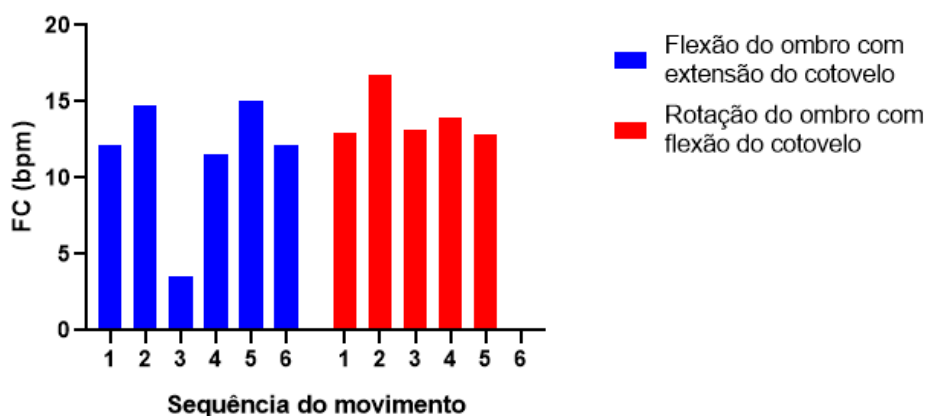


Figura C.162 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_06.

Score de Dor em função do movimento

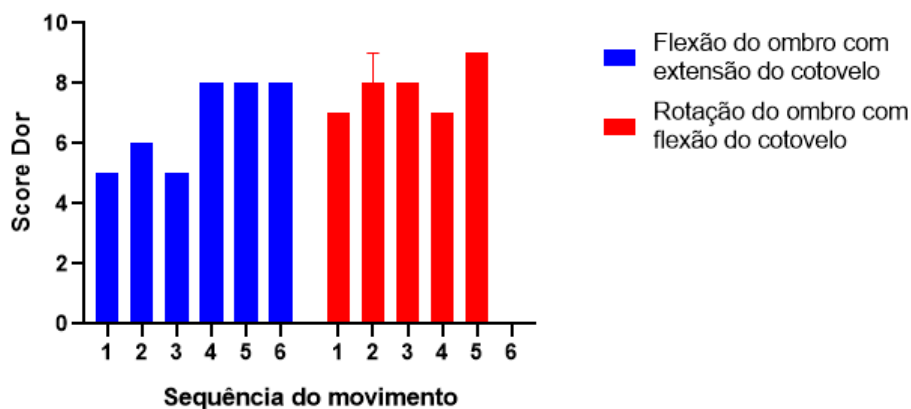


Figura C.163 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_06.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

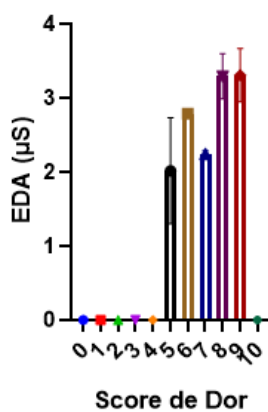


Figura C.164 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_06.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

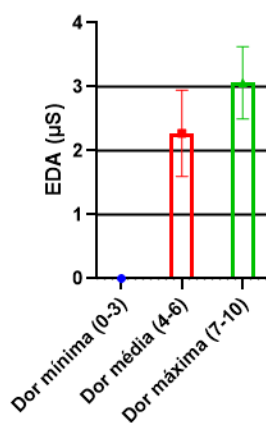


Figura C.165 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_06.

Amplitude FC em função do Score de Dor

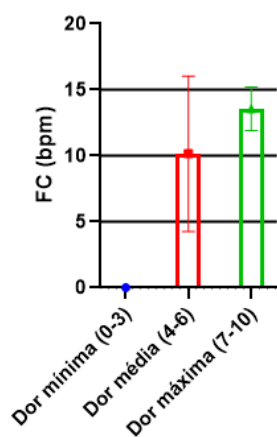


Figura C.166 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_06.

P_07

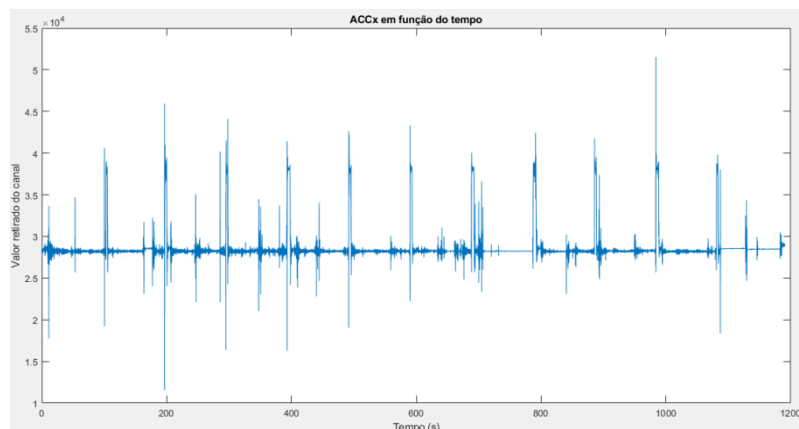


Figura C.167 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_07.

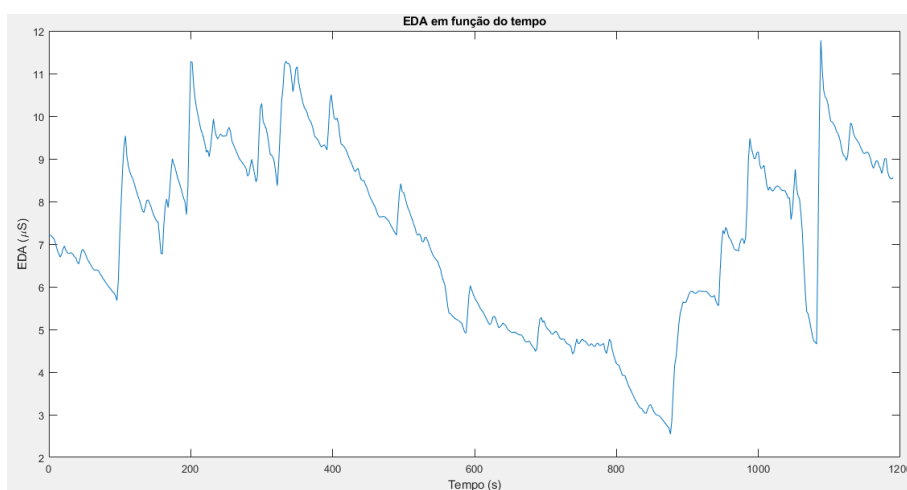


Figura C.168 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_07.

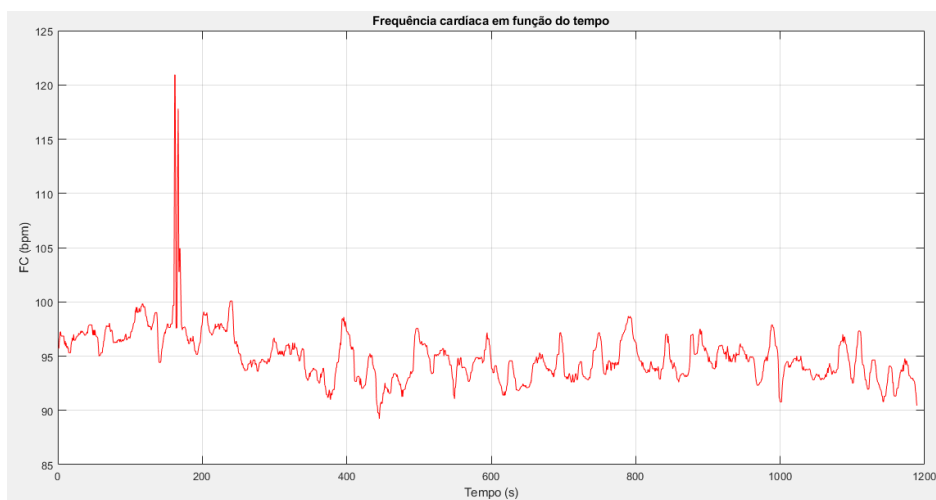


Figura C.169 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_07.

P_08

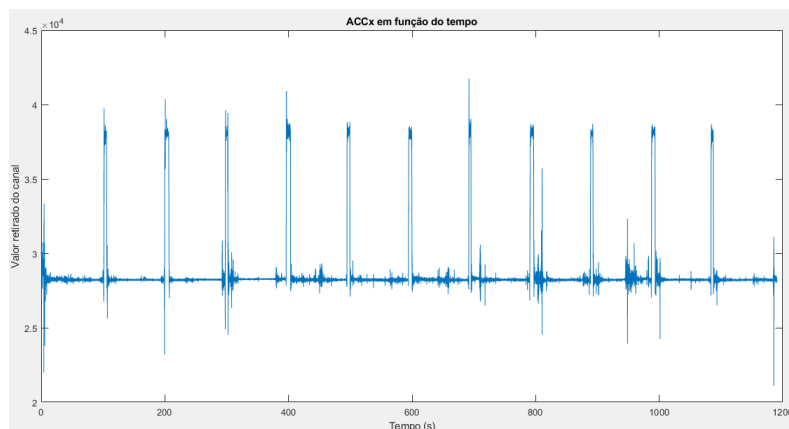


Figura C.170 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_08.

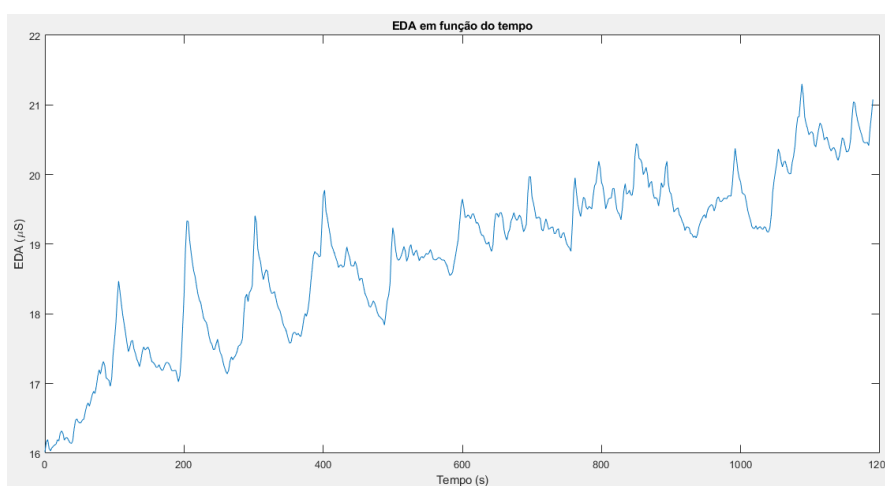


Figura C.171 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_08.

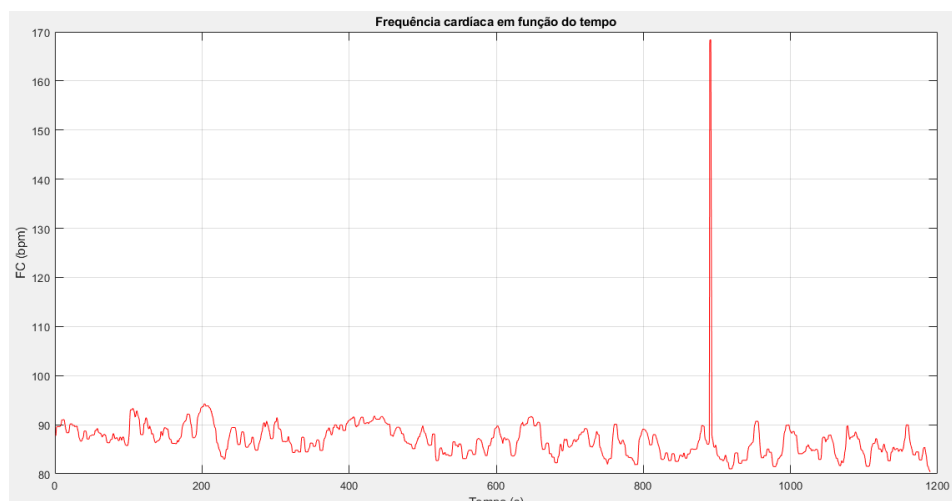


Figura C.172 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_08.

Amplitude EDA em função do movimento

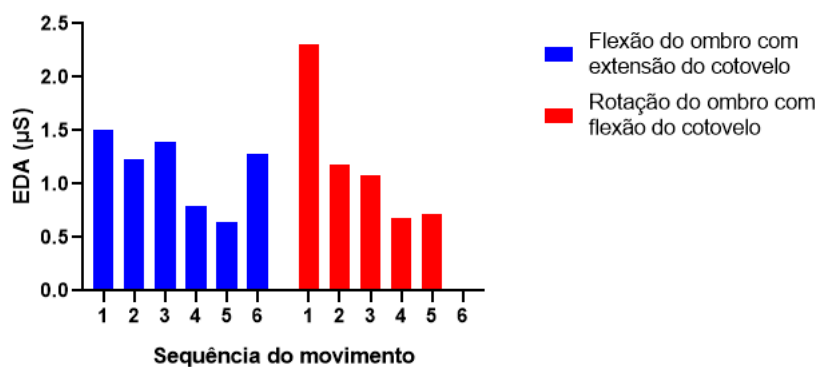


Figura C.173 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_08.

Amplitude FC em função do movimento

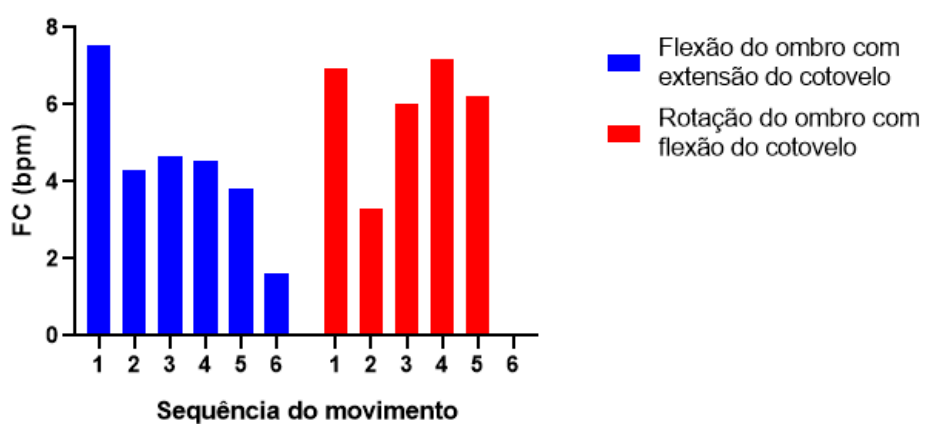


Figura C.174 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_08.

Score de Dor em função do movimento

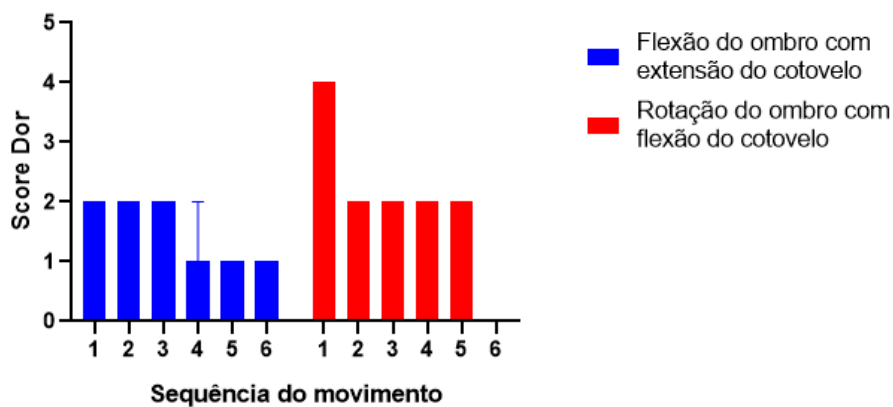


Figura C.175 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_08.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

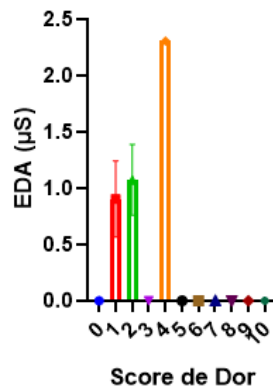


Figura C.176 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_08.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

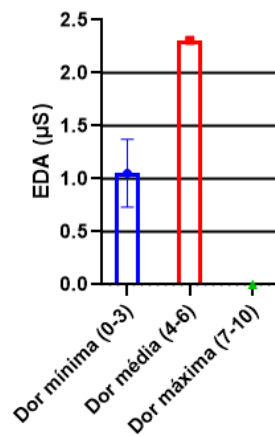


Figura C.177 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_08.

Amplitude FC em função do Score de Dor

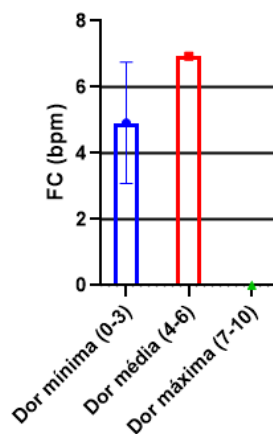


Figura C.178 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_08.

P_09

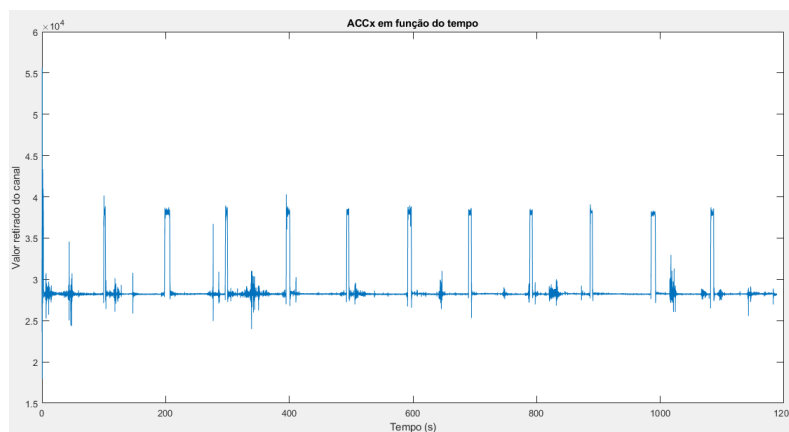


Figura C.179 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_09.

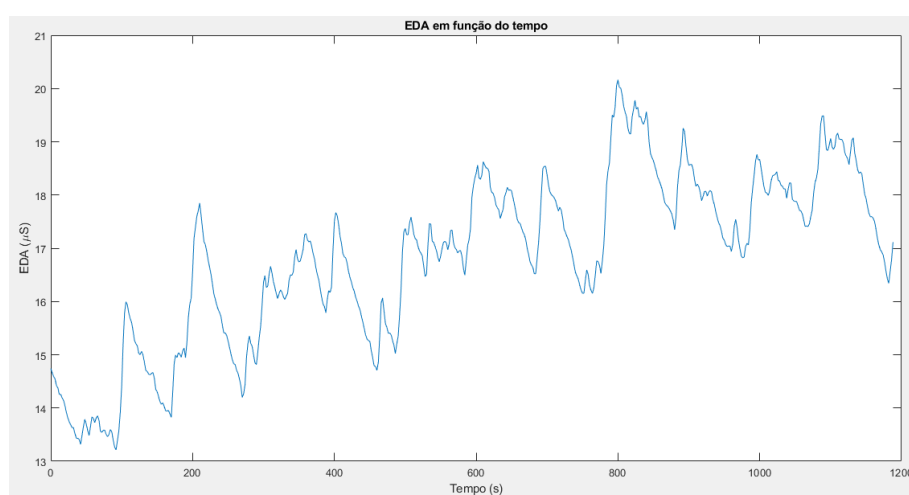


Figura C.180 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_09.

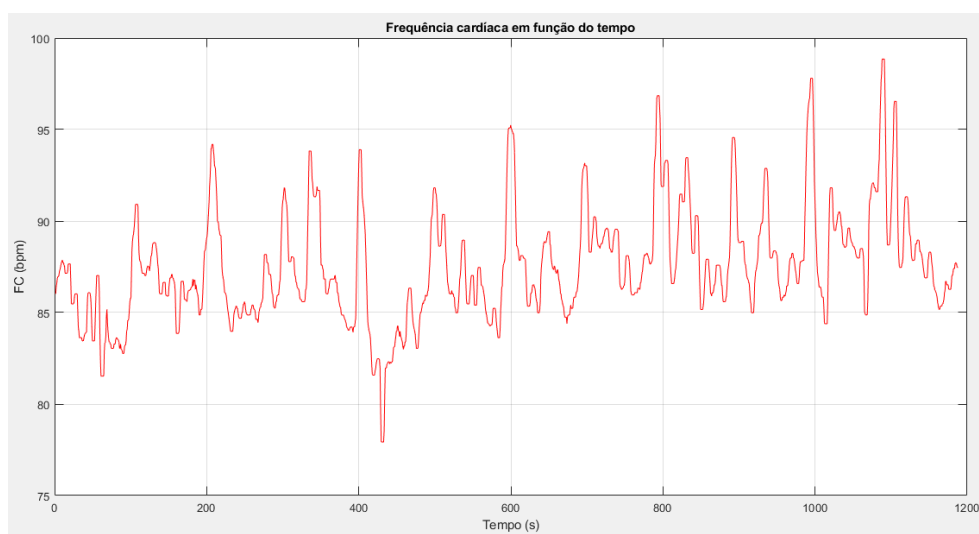


Figura C.181 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_09.

Amplitude EDA em função do movimento

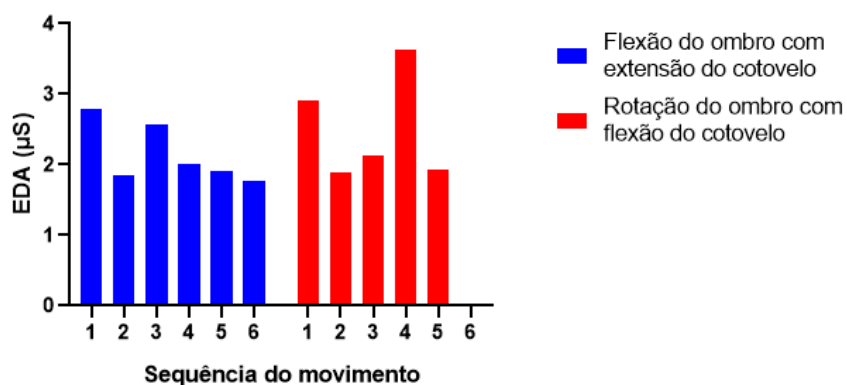


Figura C.182 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_09.

Amplitude FC em função do movimento

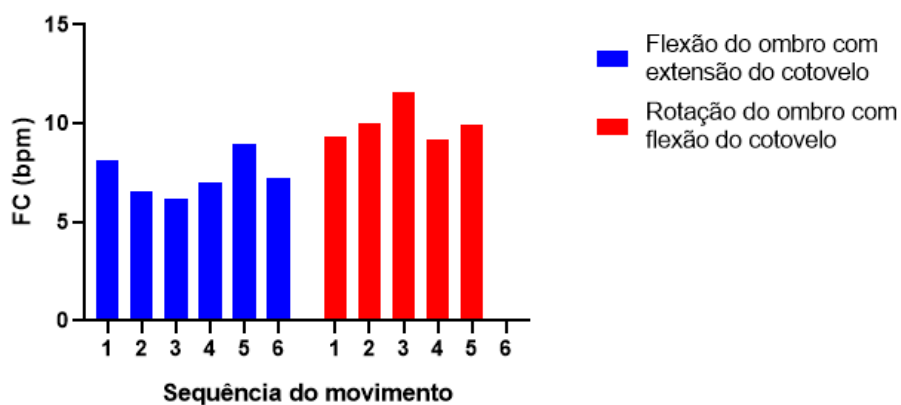


Figura C.183 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_09.

Score de Dor em função do movimento

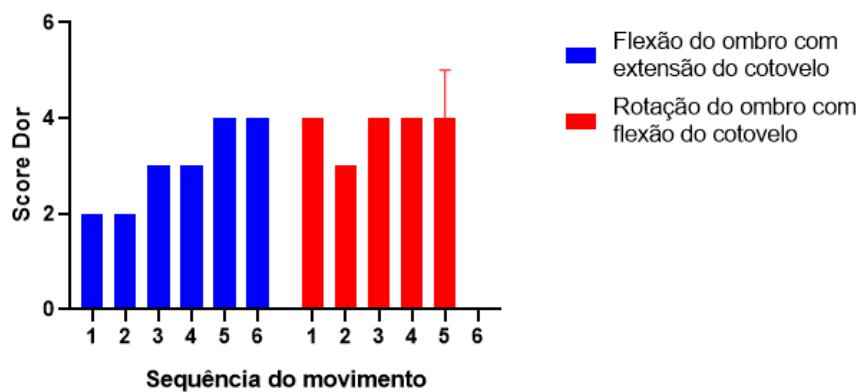


Figura C.184 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_09.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

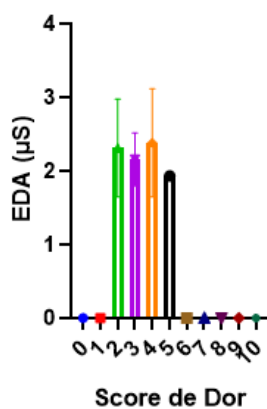


Figura C.185 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_09.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

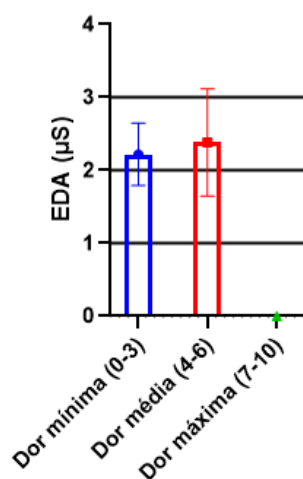


Figura C.186 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_09.

Amplitude FC em função do Score de Dor

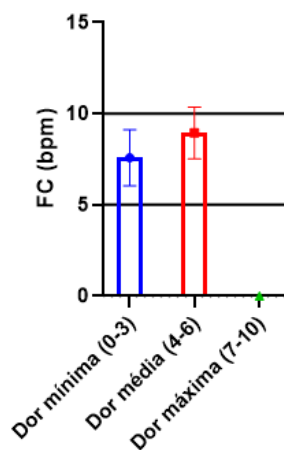


Figura C.187 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_09.

P_10

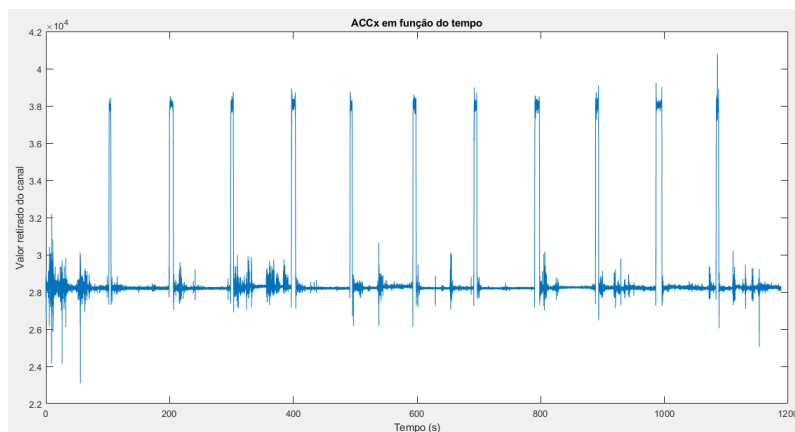


Figura C.188 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_10.

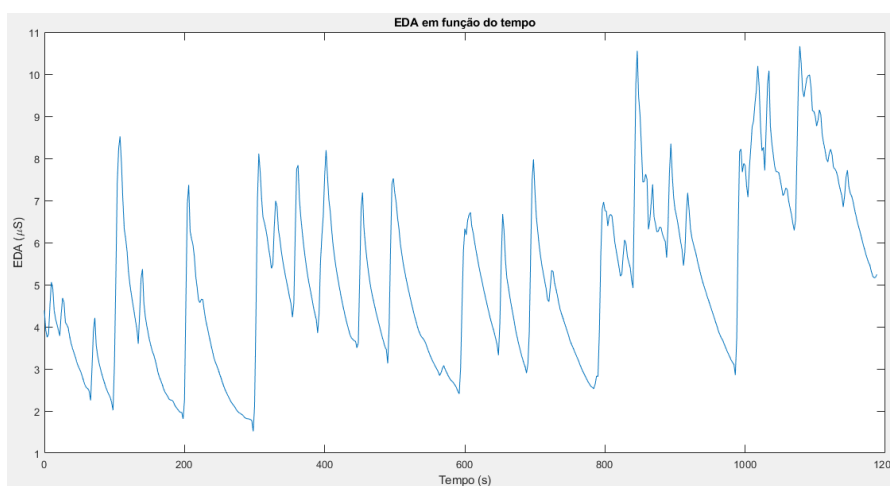


Figura C.189 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_10.

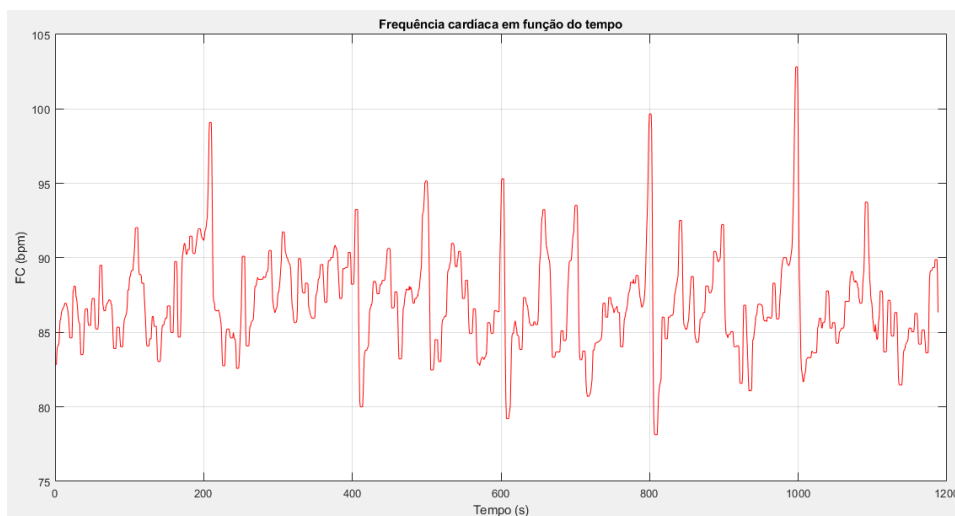


Figura C.190 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_10.

Amplitude EDA em função do movimento

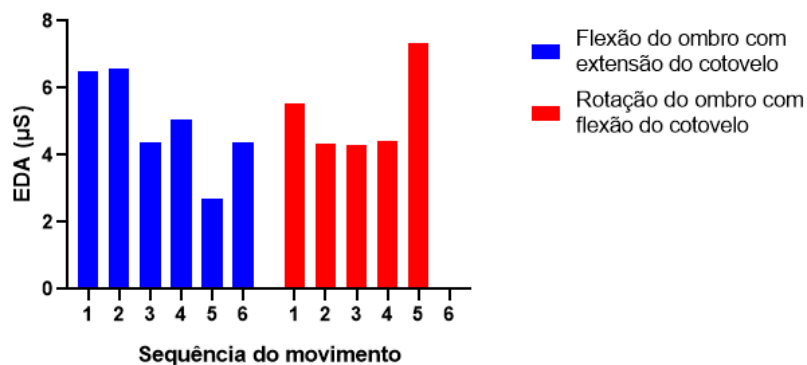


Figura C.191 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_10.

Amplitude FC em função do movimento

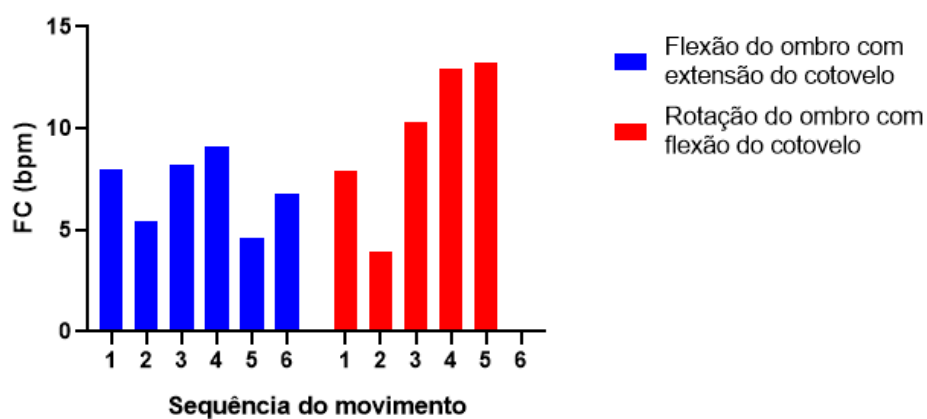


Figura C.192 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_10.

Score de Dor em função do movimento

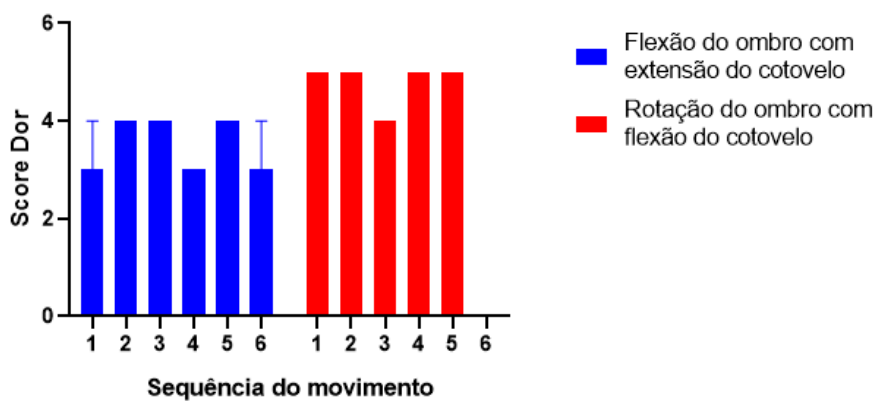


Figura C.193 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_10.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

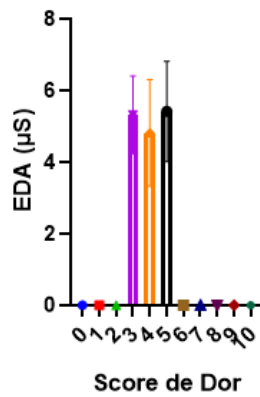


Figura C.194 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_10.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

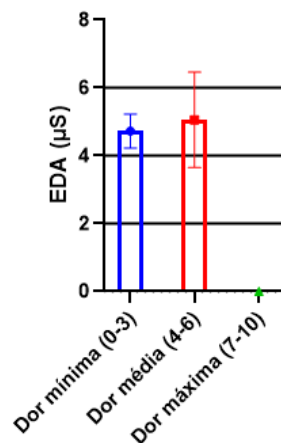


Figura C.195 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_10.

Amplitude FC em função do Score de Dor

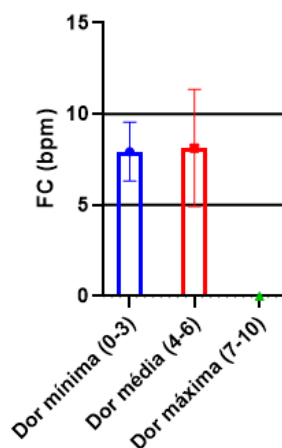


Figura C.196 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_10.

P_11

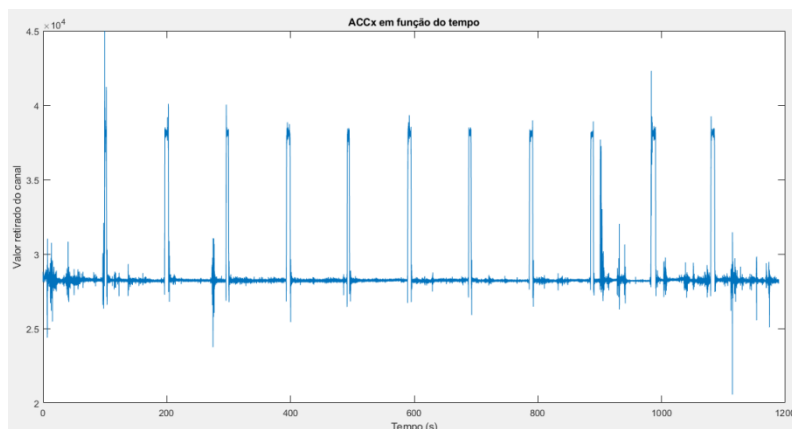


Figura C.197 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_11.

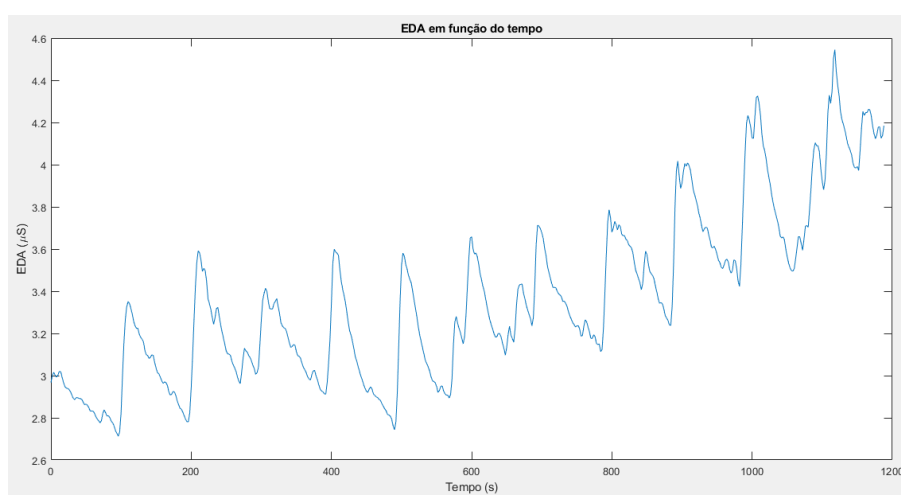


Figura C.198 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_11.

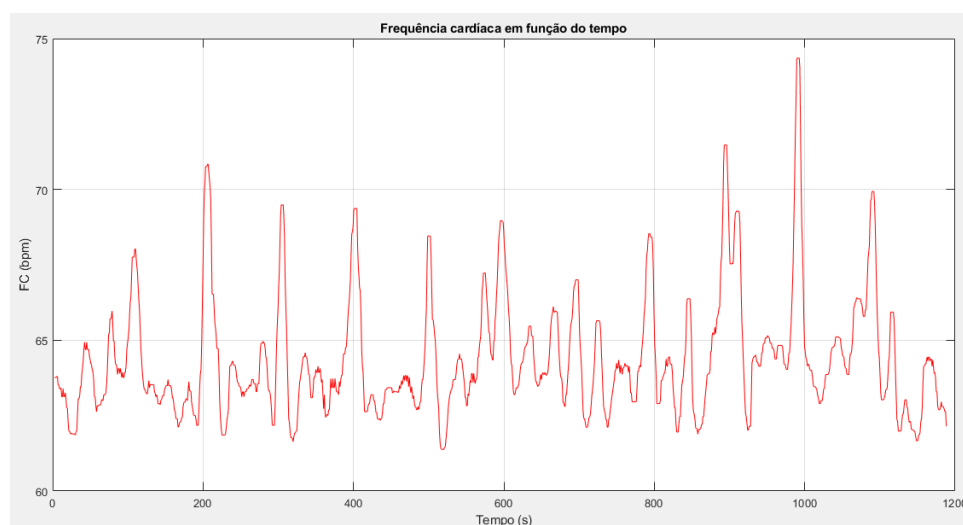


Figura C.199 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_11.

Amplitude EDA em função do movimento

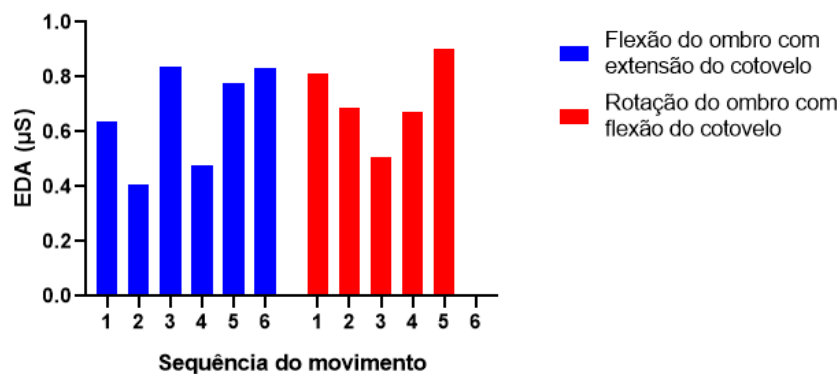


Figura C.200 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_11.

Amplitude FC em função do movimento

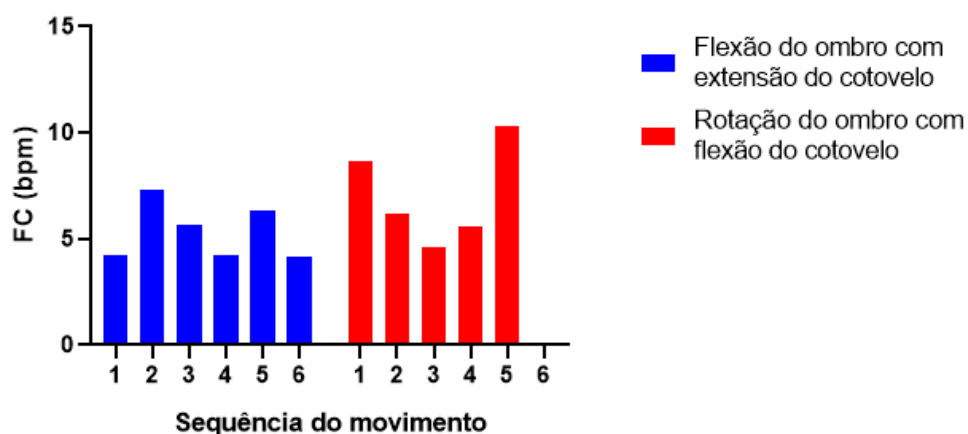


Figura C.201 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_11.

Score de Dor em função do movimento

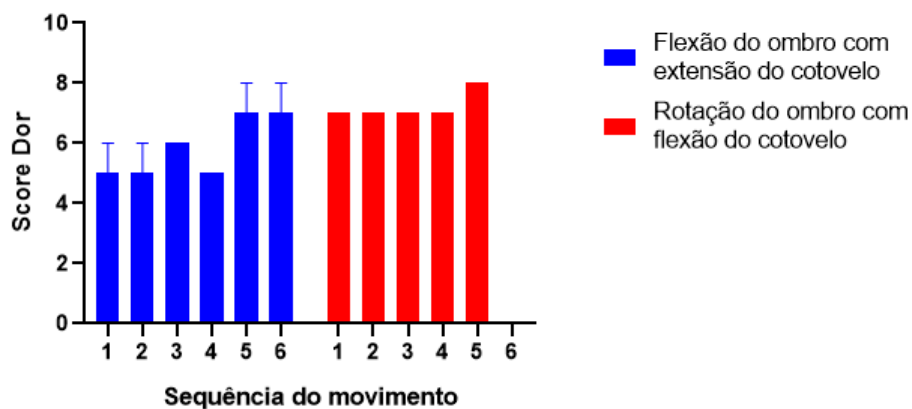


Figura C.202 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_11.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

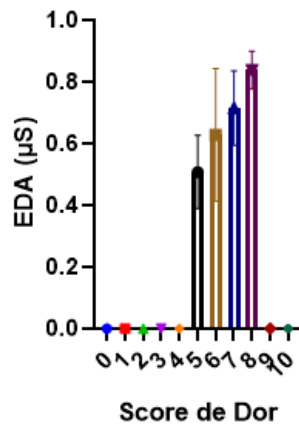


Figura C.203 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_11.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

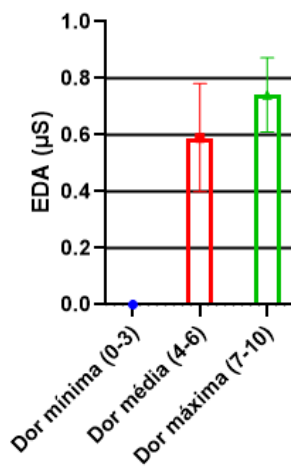


Figura C.204 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_11.

Amplitude FC em função do Score de Dor

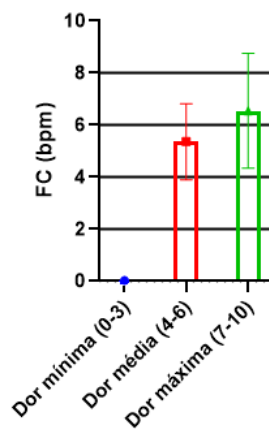


Figura C.205 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_11.

P_12

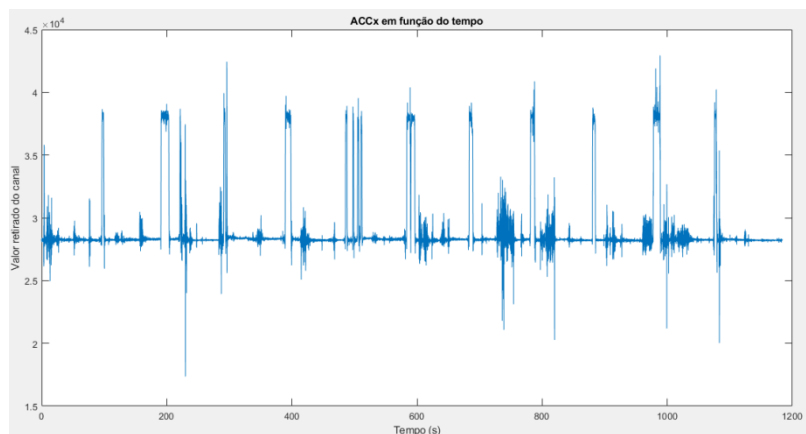


Figura C.206 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_12.

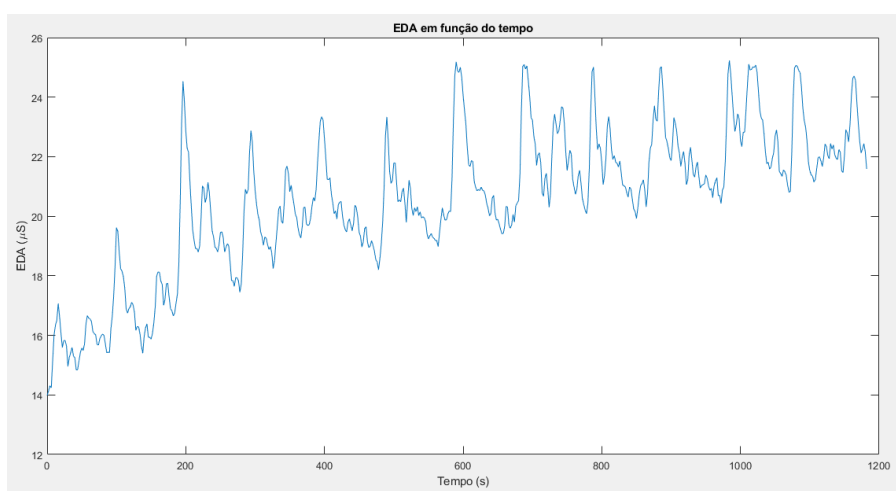


Figura C.207 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_12.

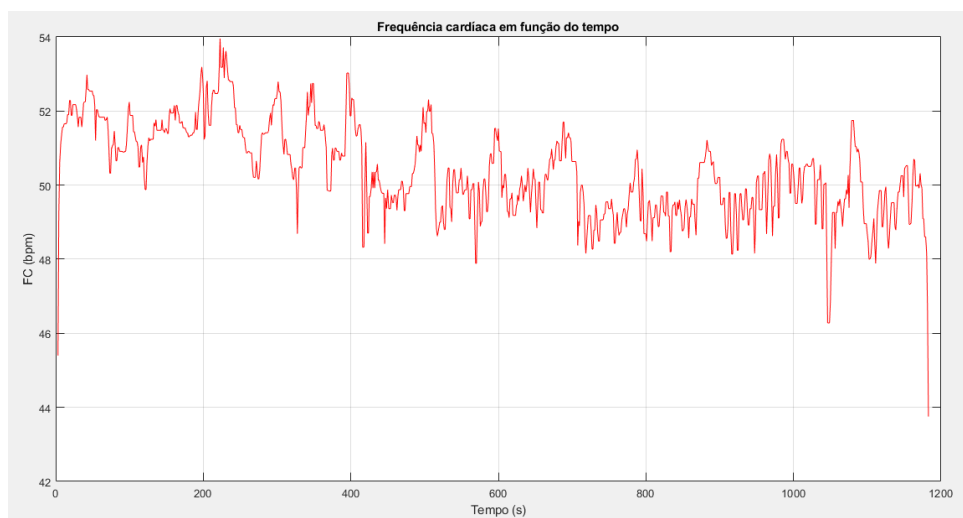


Figura C.208 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_12.

Amplitude EDA em função do movimento

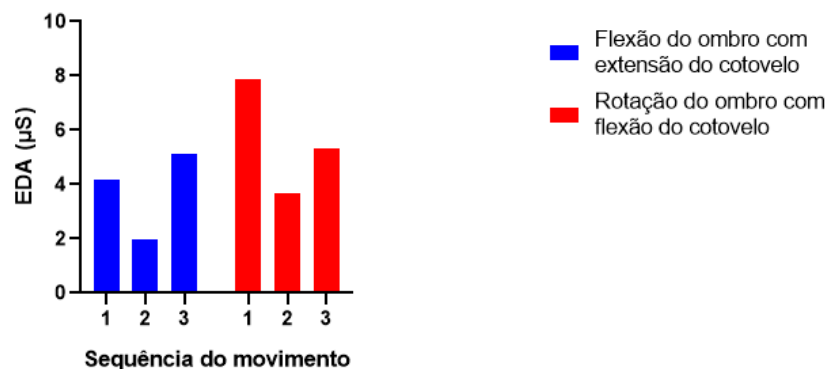


Figura C.209 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_12.

Amplitude FC em função do movimento

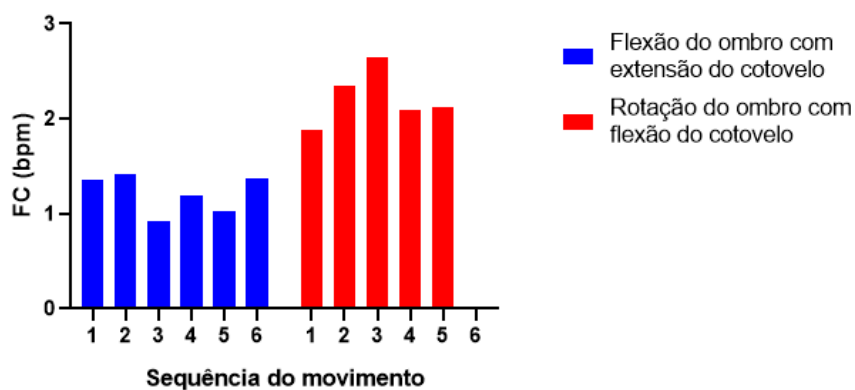


Figura C.210 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_12.

Score de Dor em função do movimento

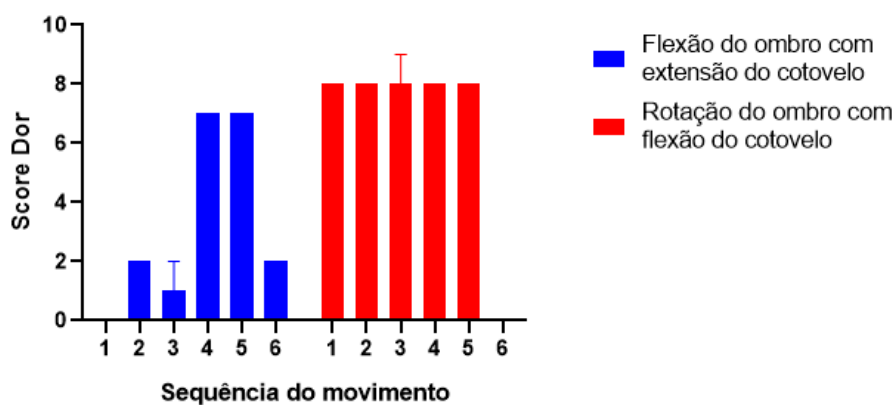


Figura C.211 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_12.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

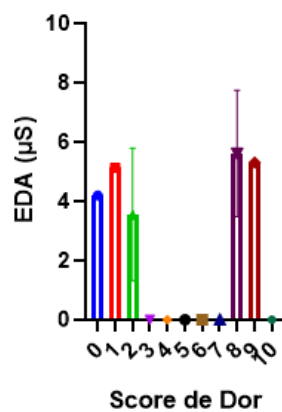


Figura C.212 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_12.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

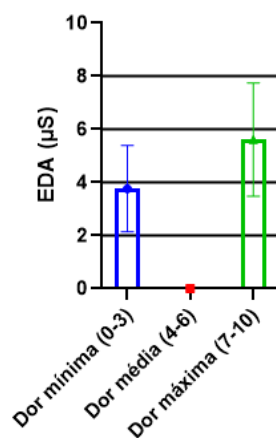


Figura C.213 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_12.

Amplitude FC em função do Score de Dor

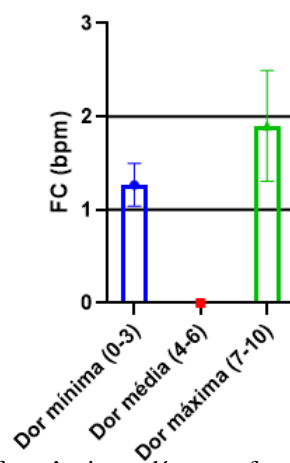


Figura C.214 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_12.

P_13

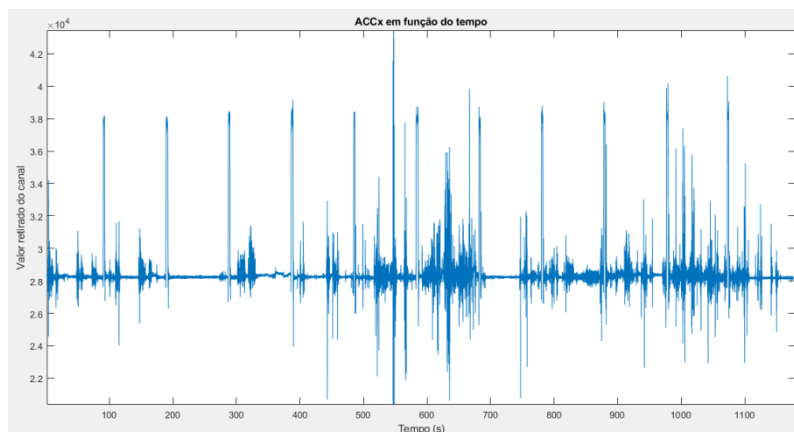


Figura C.215 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_13.

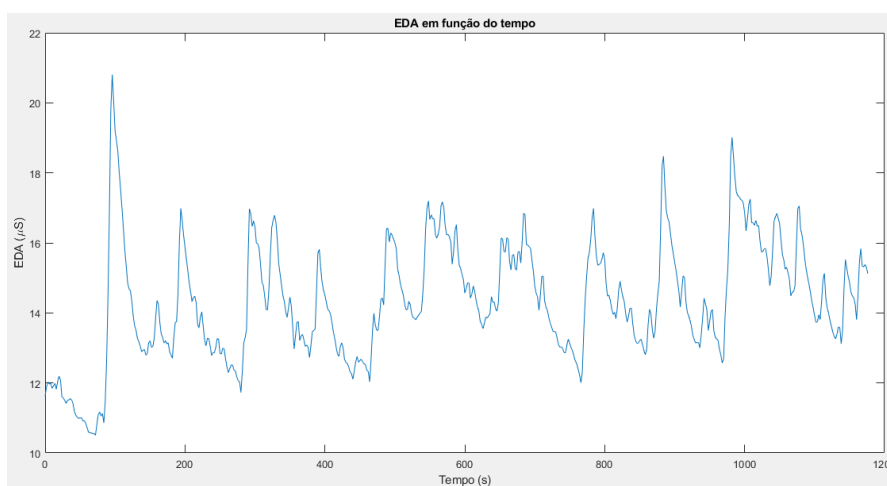


Figura C.216 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_13.

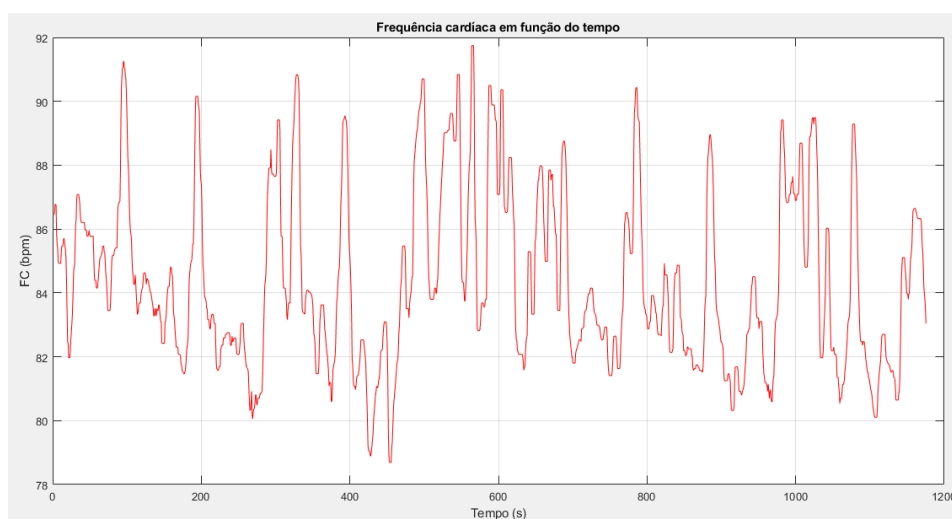


Figura C.217 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_13.

Amplitude EDA em função do movimento

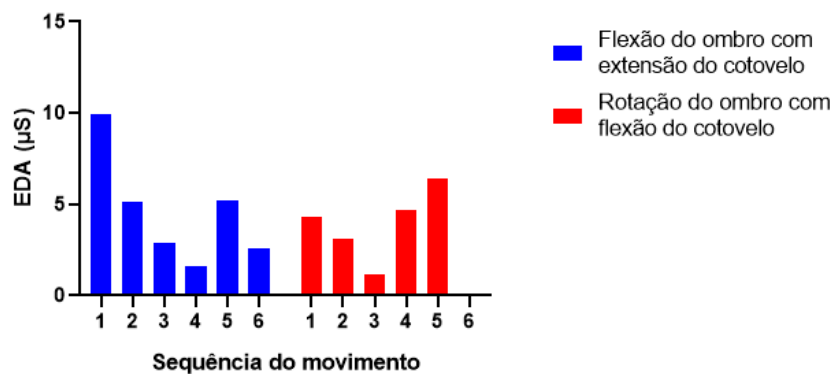


Figura C.218 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_13.

Amplitude FC em função do movimento

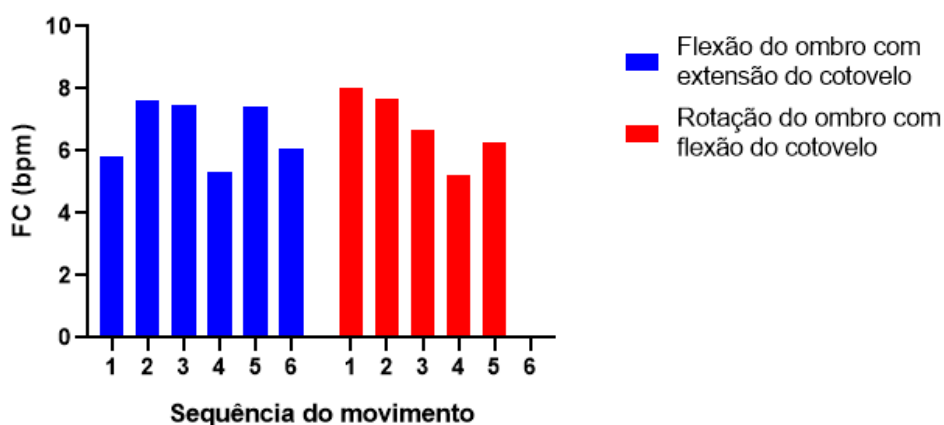


Figura C.219 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_13.

Score de Dor em função do movimento

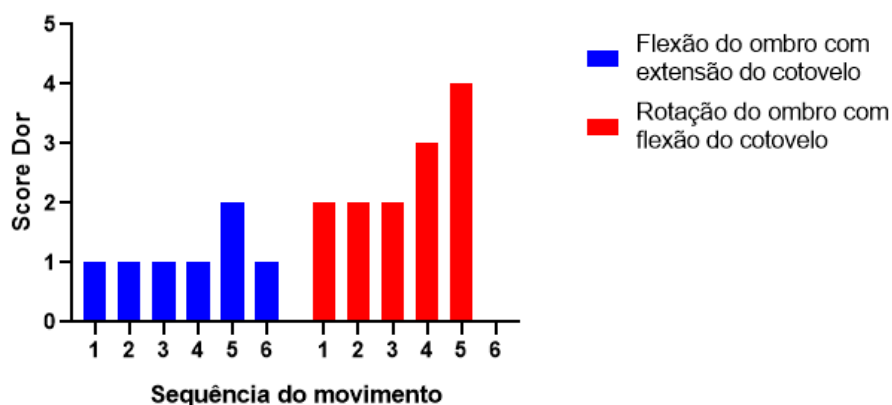


Figura C.220 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_13.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

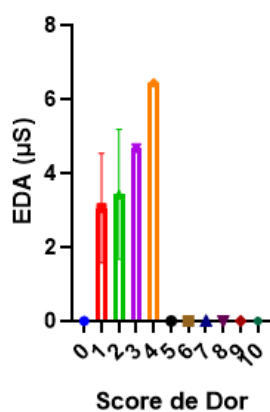


Figura C.221 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_13.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

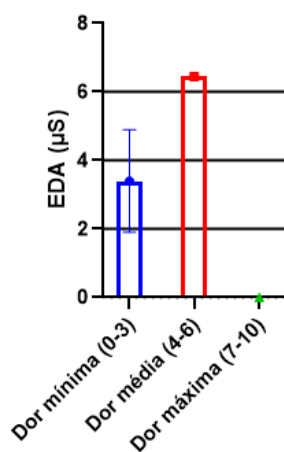


Figura C.222 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_13.

Amplitude FC em função do Score de Dor

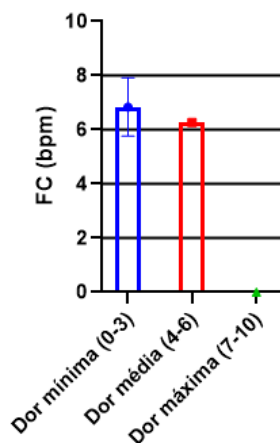


Figura C.223 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_13.

P_14

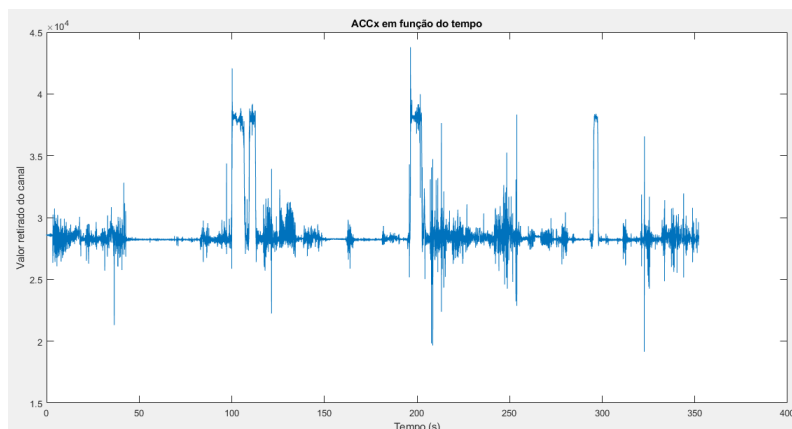


Figura C.224 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_14.

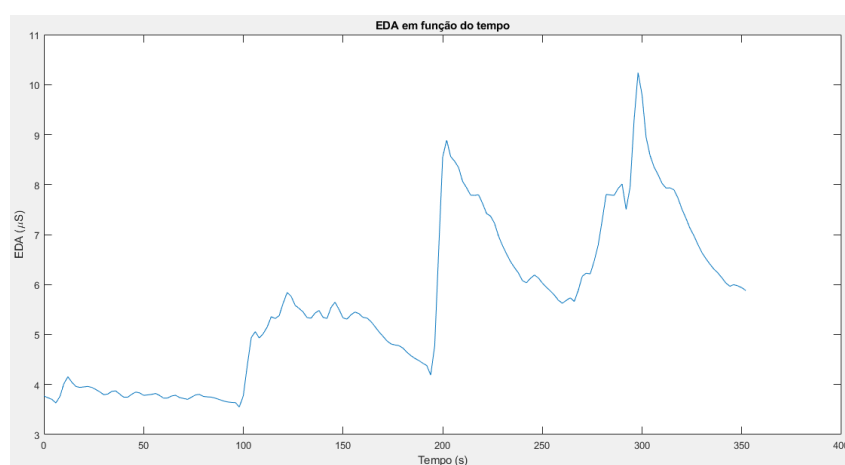


Figura C.225 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_14.

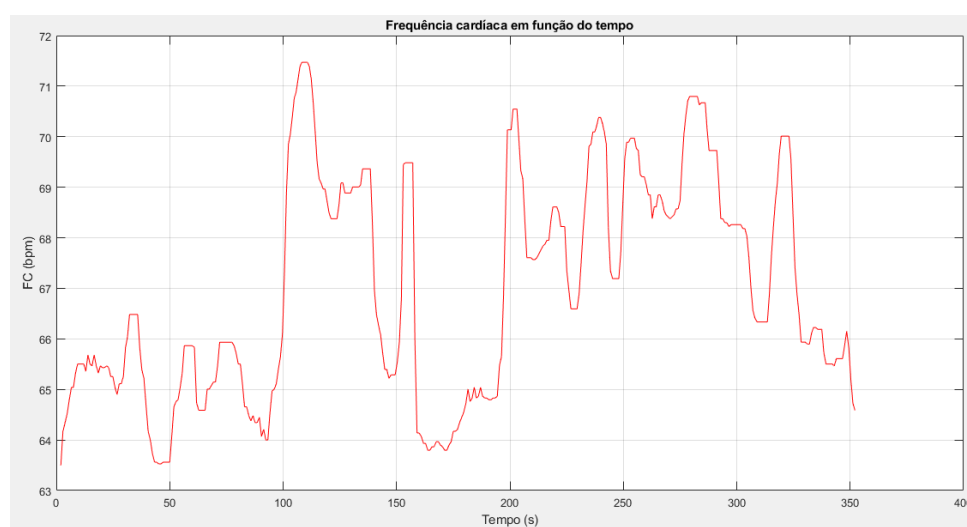


Figura C.226 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_14.

Amplitude EDA em função do movimento

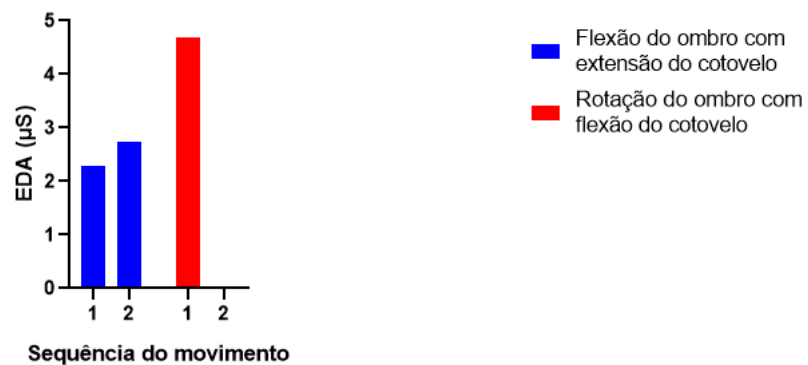


Figura C.227 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_14.

Amplitude FC em função do movimento

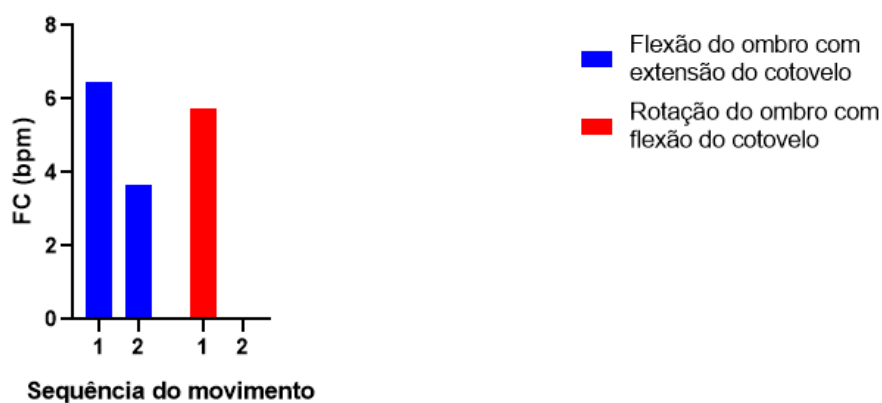


Figura C.228 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_14.

Score de Dor em função do movimento

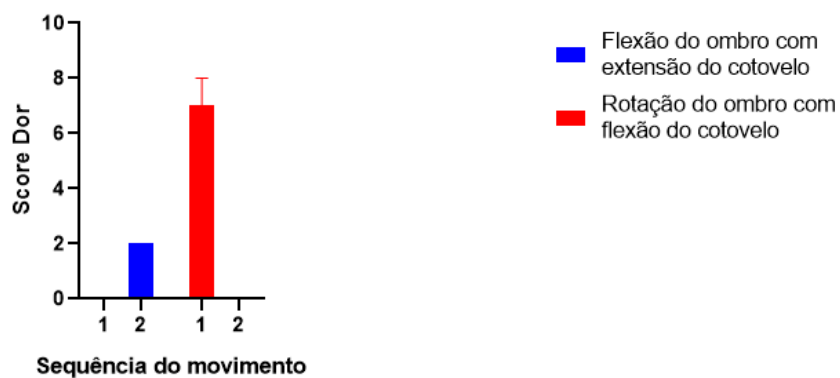


Figura C.229 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_14.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

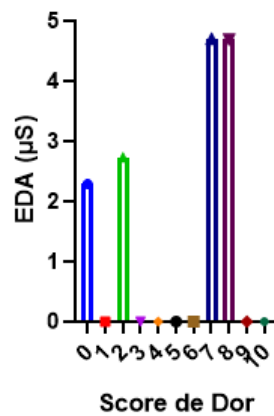


Figura C.230 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_14.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

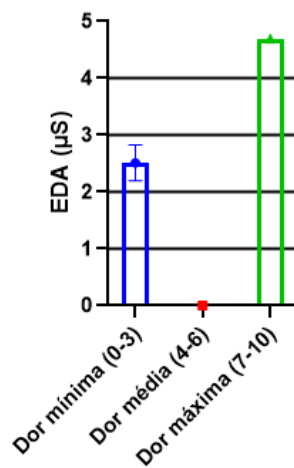


Figura C.231 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_14.

Amplitude FC em função do Score de Dor

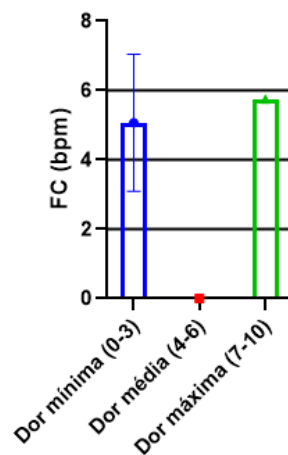


Figura C.232 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_14.

P_15

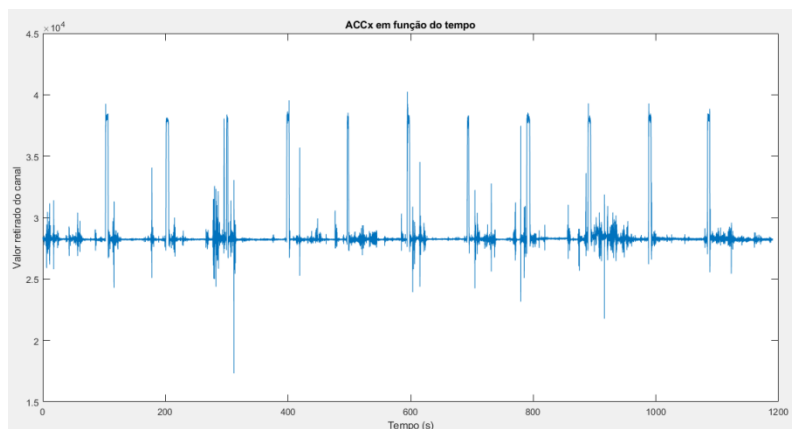


Figura C.233 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_15.

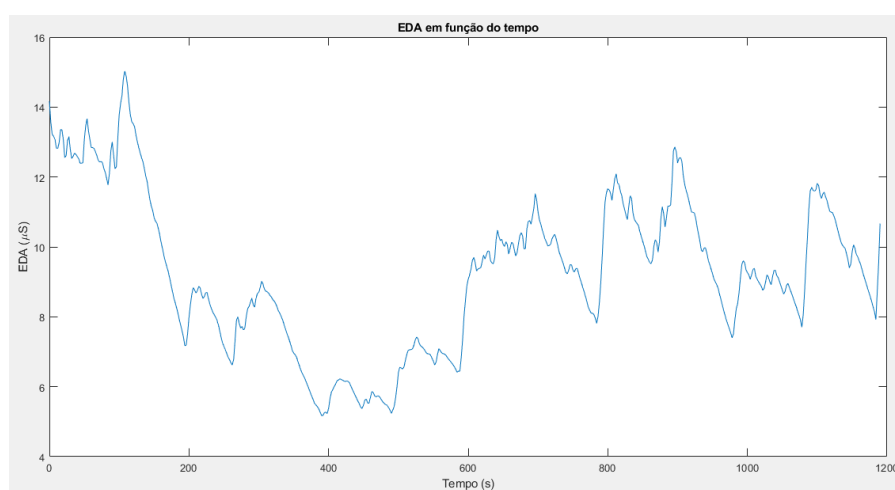


Figura C.234 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_15.

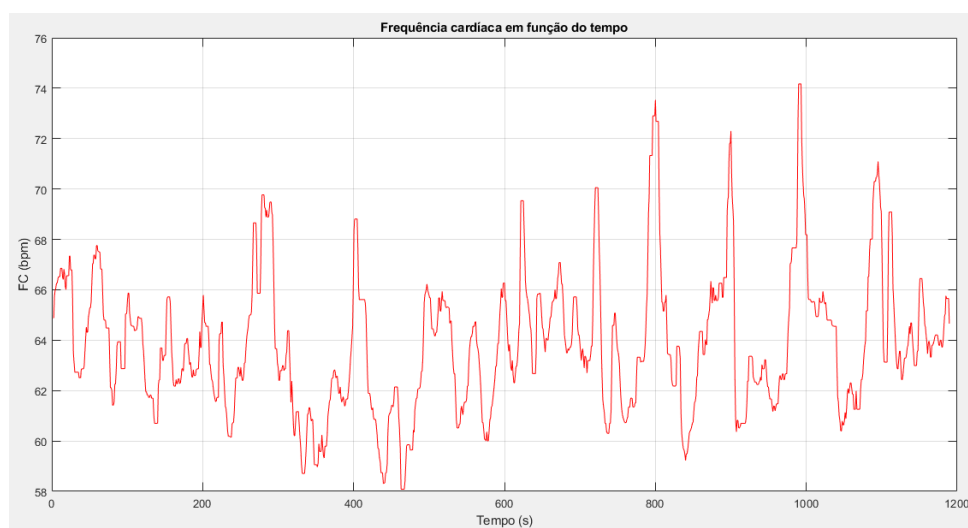


Figura C.235 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_15.

Amplitude EDA em função do movimento

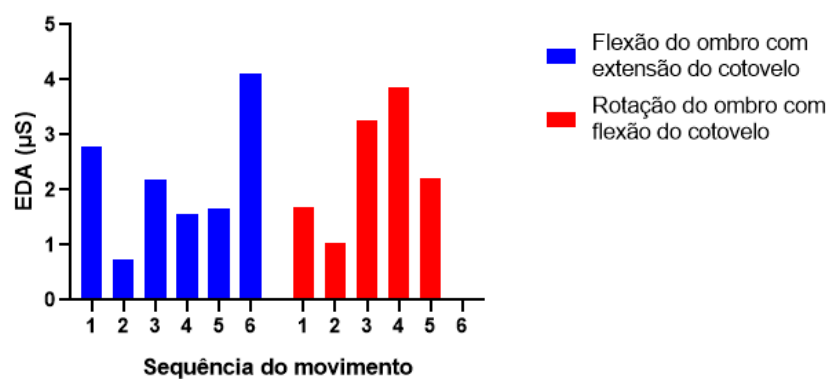


Figura C.236 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_15.

Amplitude FC em função do movimento

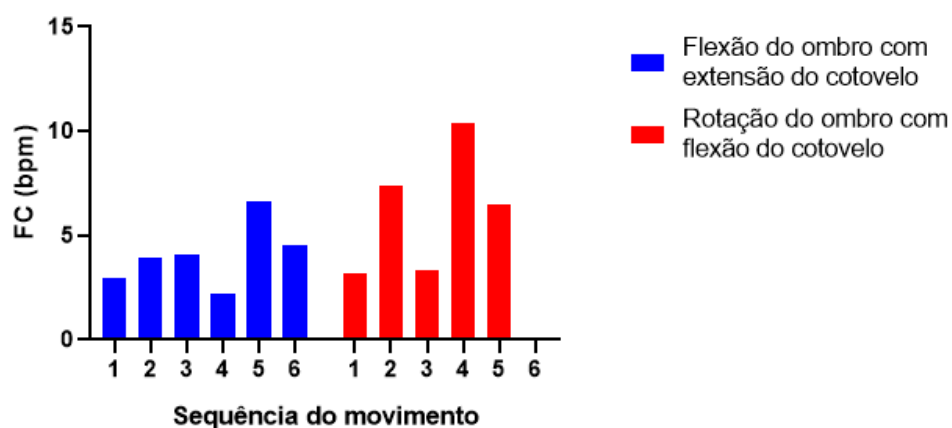


Figura C.237 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_15.

Score de Dor em função do movimento

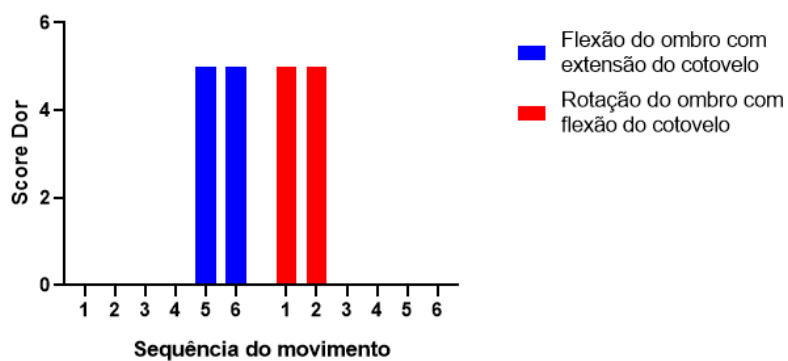


Figura C.238 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_15.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

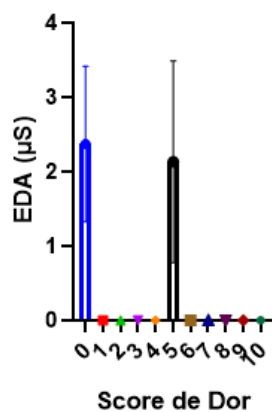


Figura C.239 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_15.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

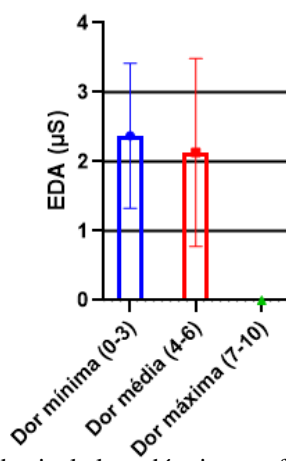


Figura C.240 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_15.

Amplitude FC em função do Score de Dor

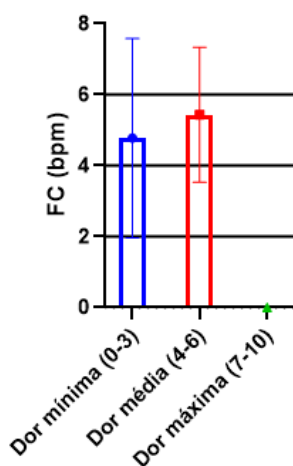


Figura C.241 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_15.

P_16

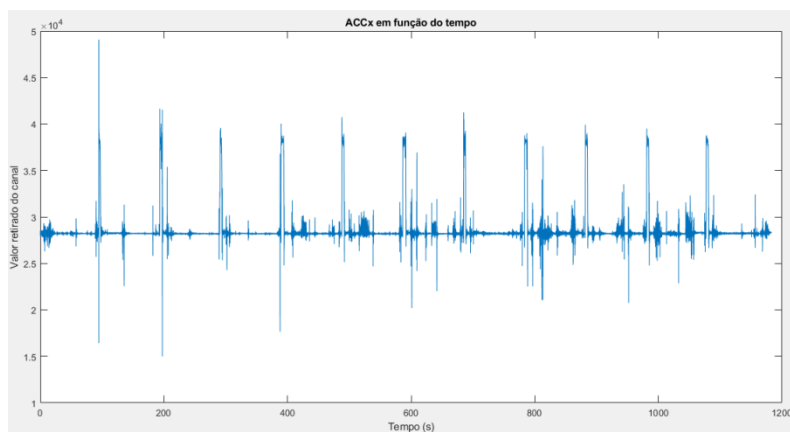


Figura C.242 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_16.

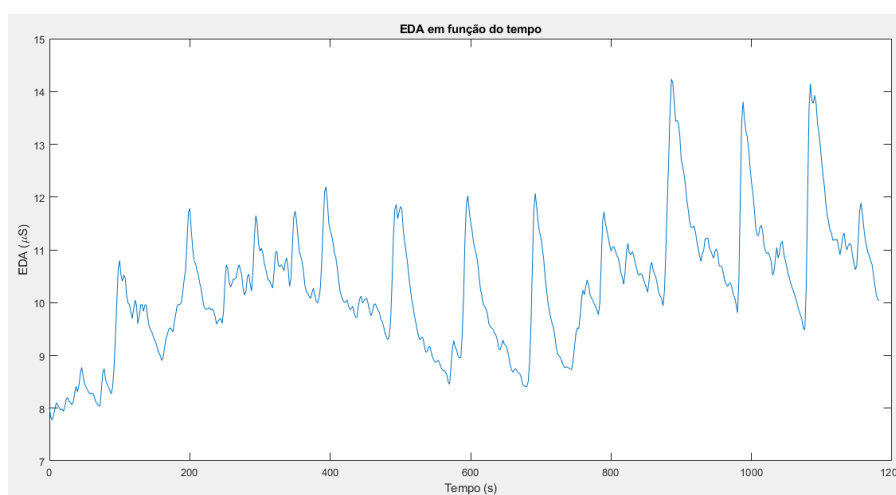


Figura C.243 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_16.

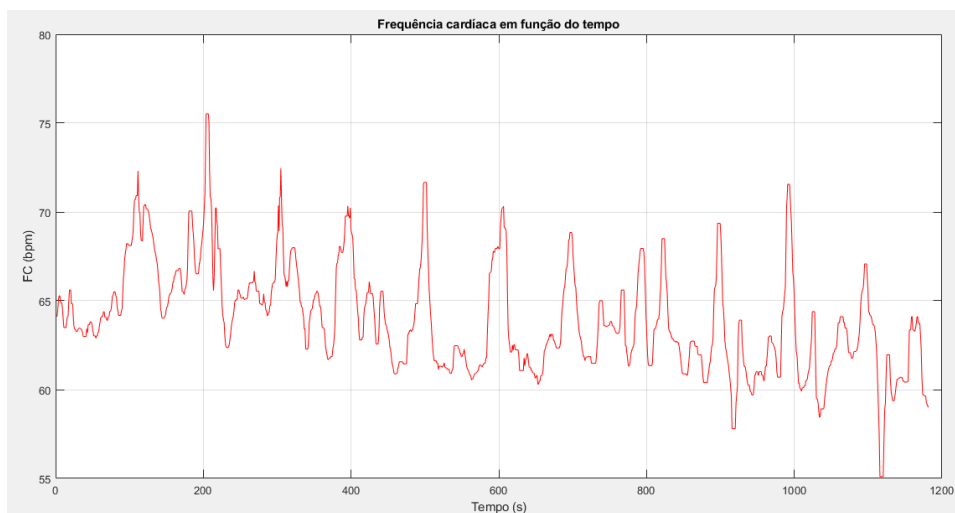


Figura C.244 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_16.

Amplitude EDA em função do movimento

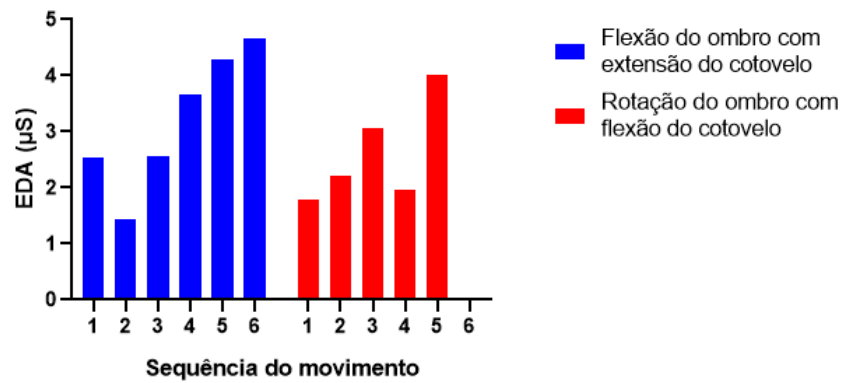


Figura C.245 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_16.

Amplitude FC em função do movimento

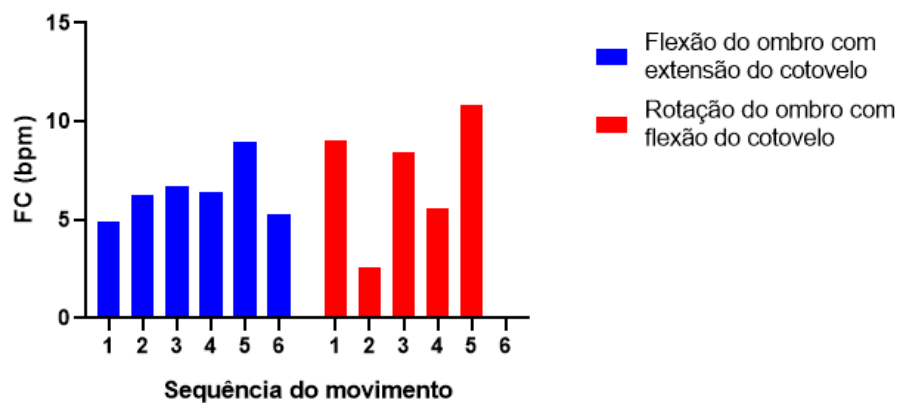


Figura C.246 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_16.

Score de Dor em função do movimento

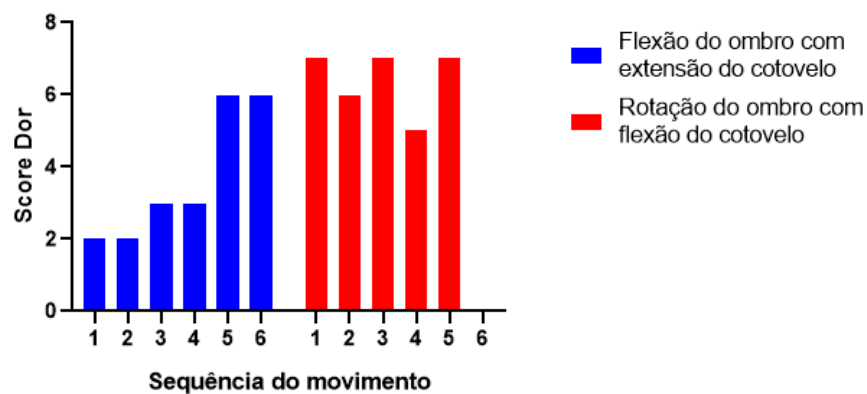


Figura C.247 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_16.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

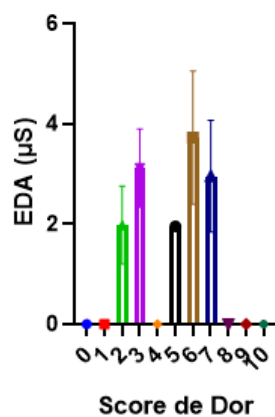


Figura C.248 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_16.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

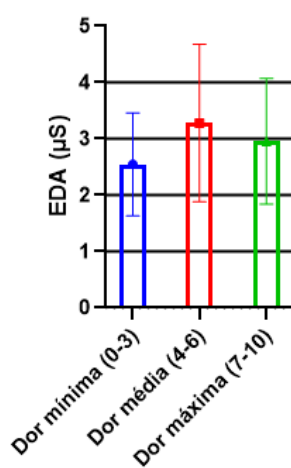


Figura C.249 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_16.

Amplitude FC em função do Score de Dor

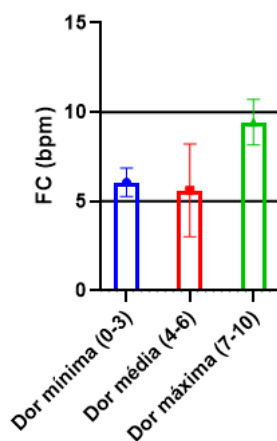


Figura C.250 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_16.

P_17

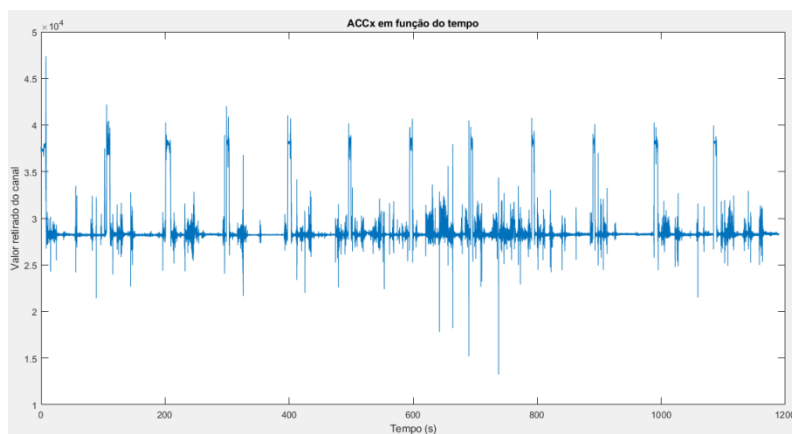


Figura C.251 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_17.

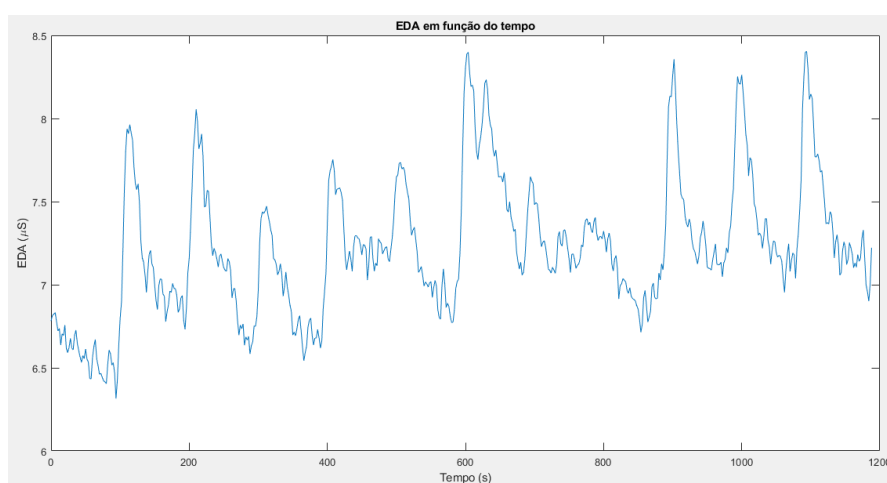


Figura C.252 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_17.

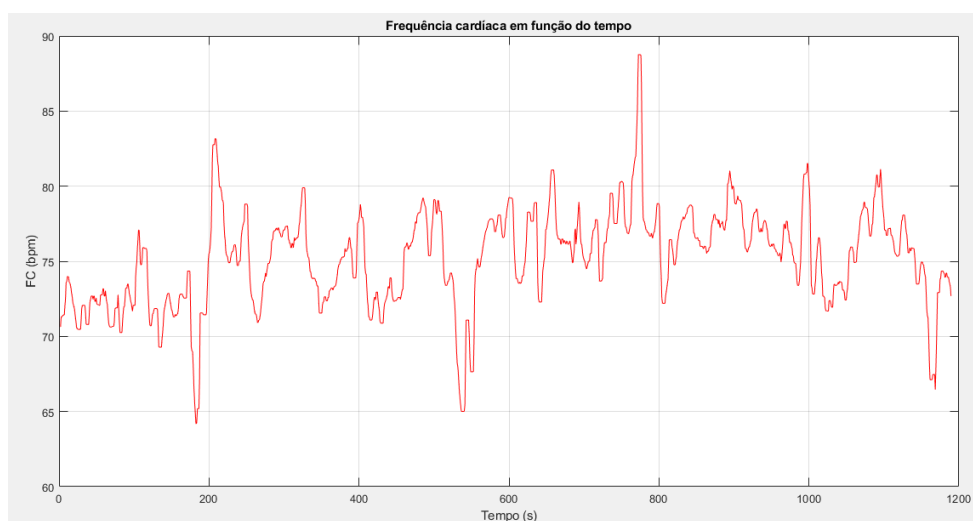


Figura C.253 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_17.

Amplitude EDA em função do movimento

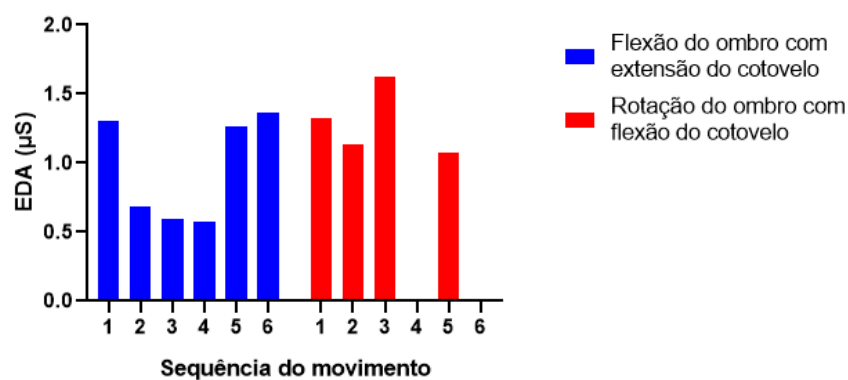


Figura C.254 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_17.

Amplitude FC em função do movimento

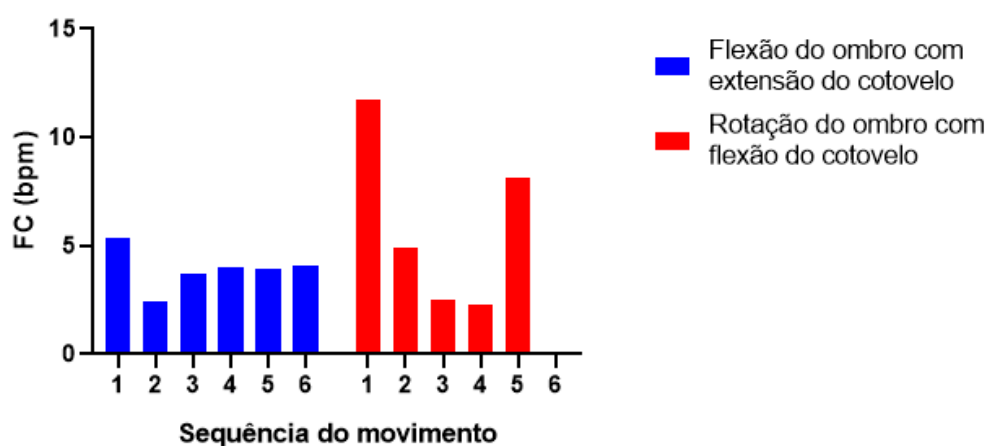


Figura C.255 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_17.

Score de Dor em função do movimento

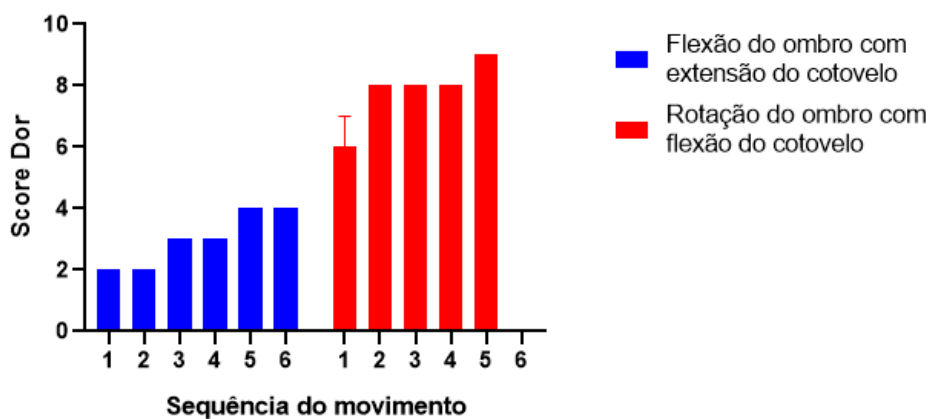


Figura C.256 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_17.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

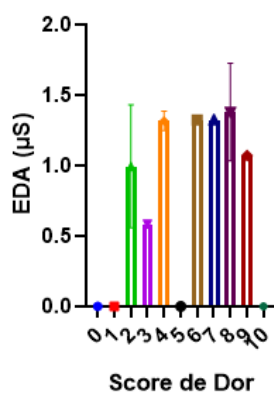


Figura C.257 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_17.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

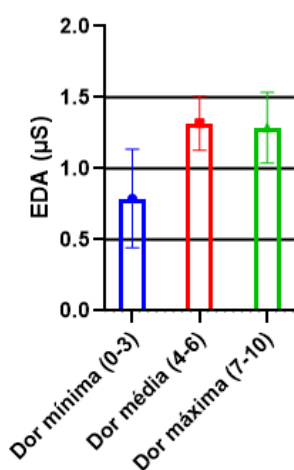


Figura C.258 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_17.

Amplitude FC em função do Score de Dor

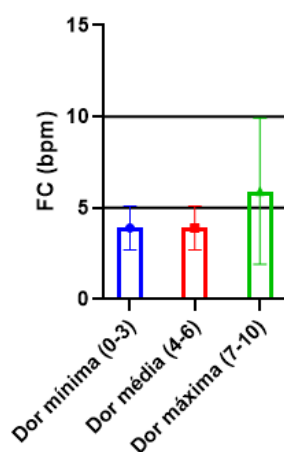


Figura C.259 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_17.

P_18

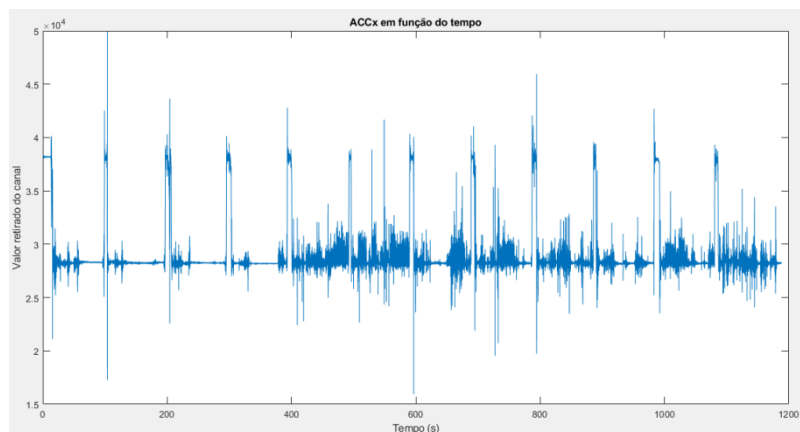


Figura C.260 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_18.

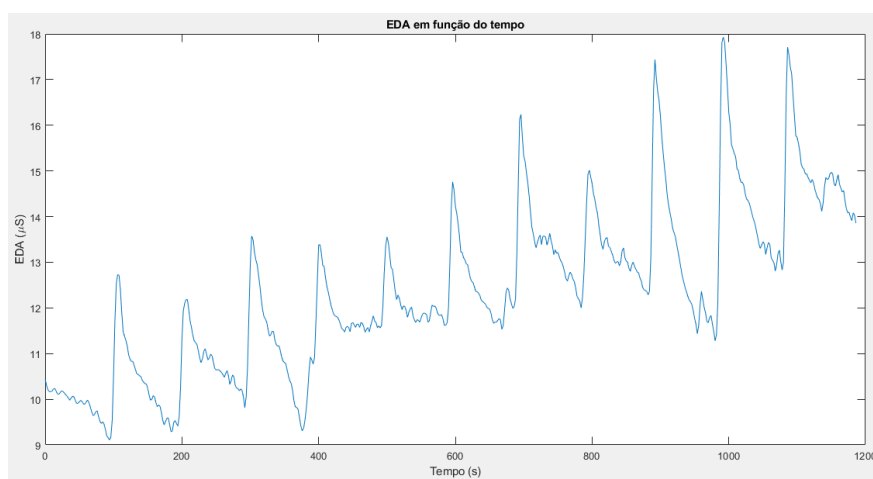


Figura C.261 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_18.

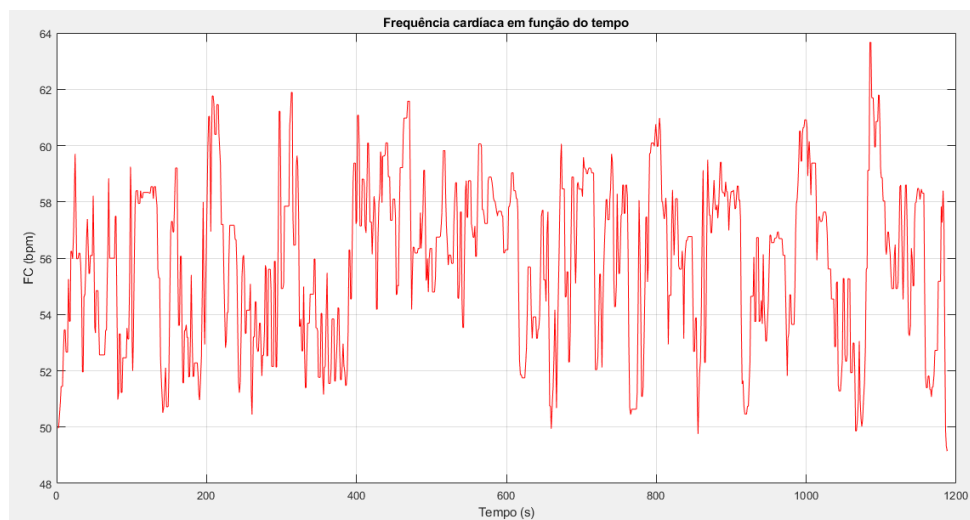


Figura C.261 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_18.

Amplitude EDA em função do movimento

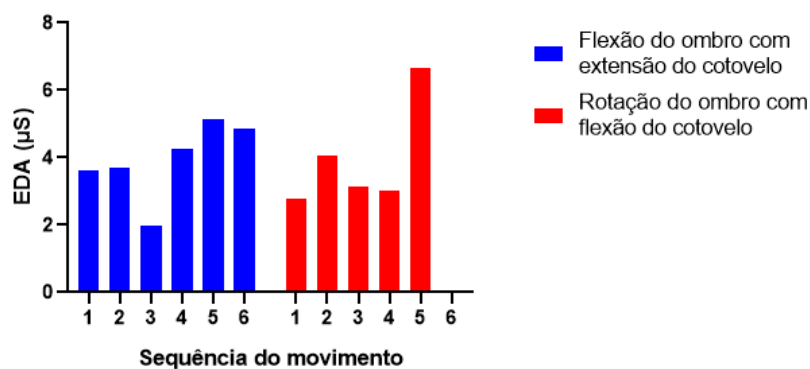


Figura C.263 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_18.

Amplitude FC em função do movimento

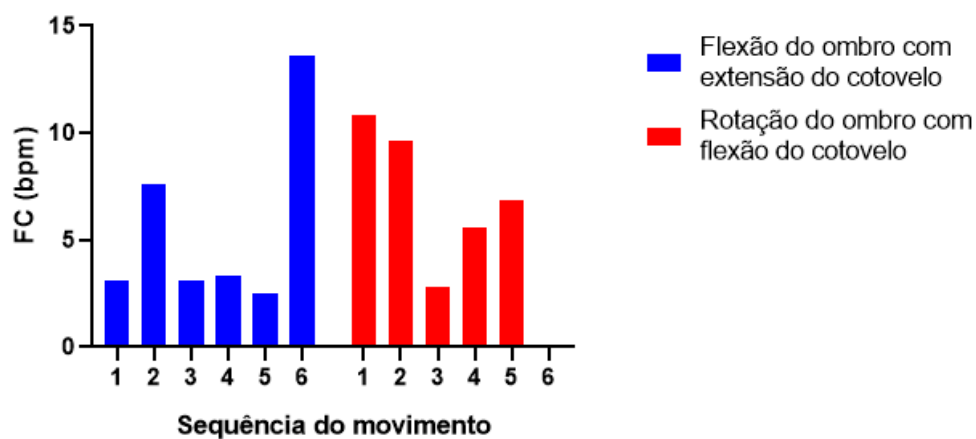


Figura C.264 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_18.

Score de Dor em função do movimento

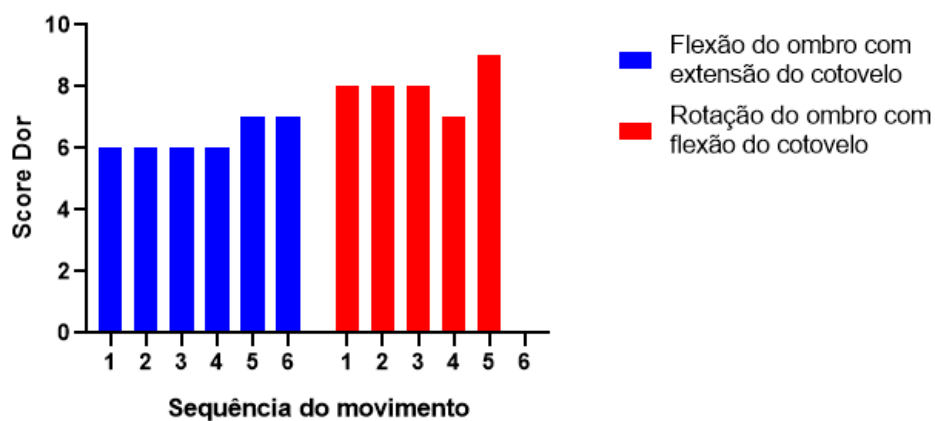


Figura C.265 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_18.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

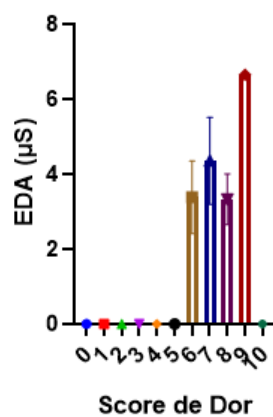


Figura C.266 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_18.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

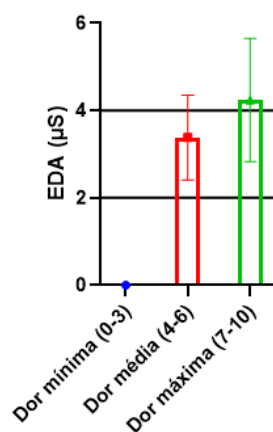


Figura C.267 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_18.

Amplitude FC em função do Score de Dor

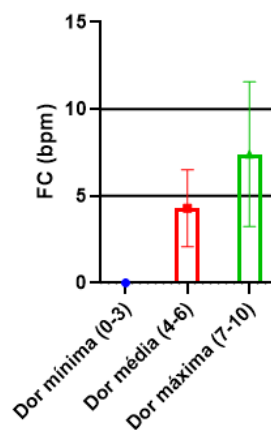


Figura C.268 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_18.

P_19

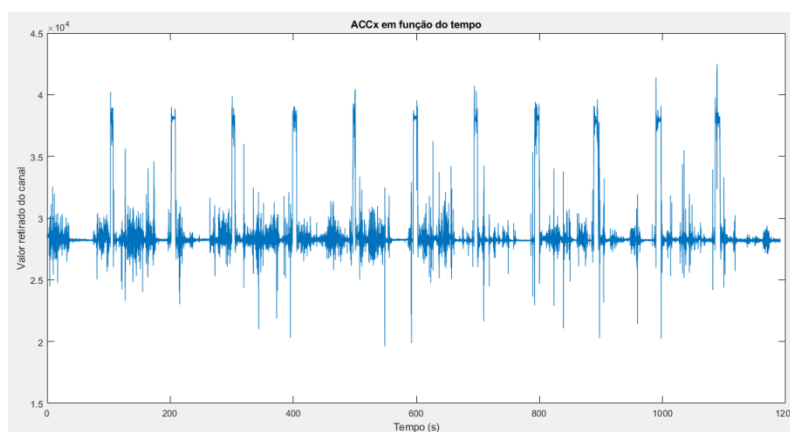


Figura C.269 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_19.

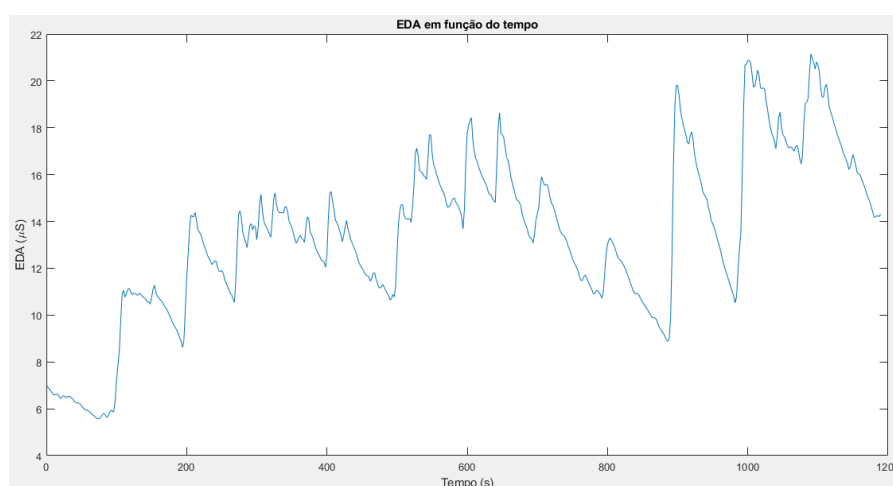


Figura C.270 – Sinal eletrodérmico (μ S) suavizado, referente ao participante P_19.

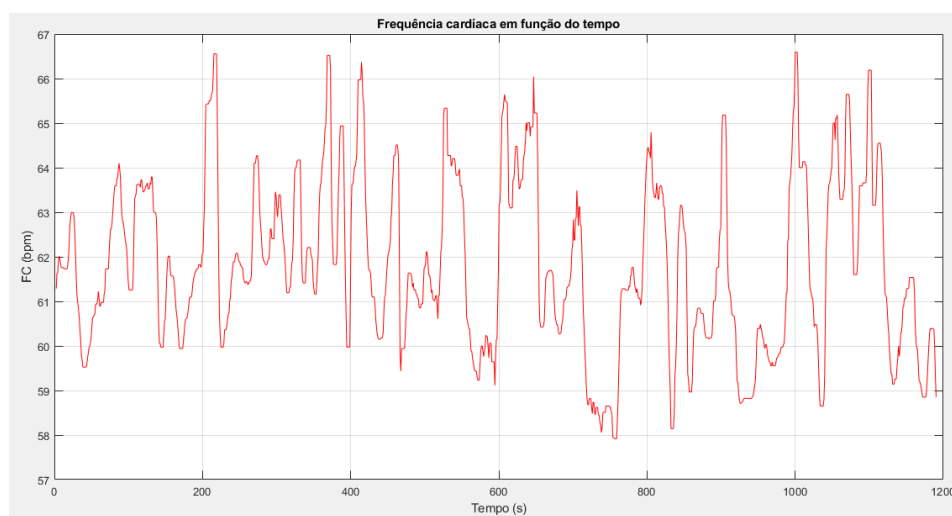


Figura C.271 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_19.

Amplitude EDA em função do movimento

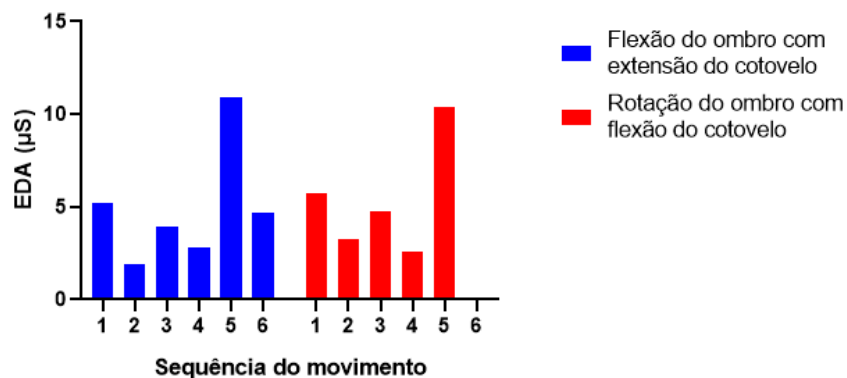


Figura C.272 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_19.

Amplitude FC em função do movimento

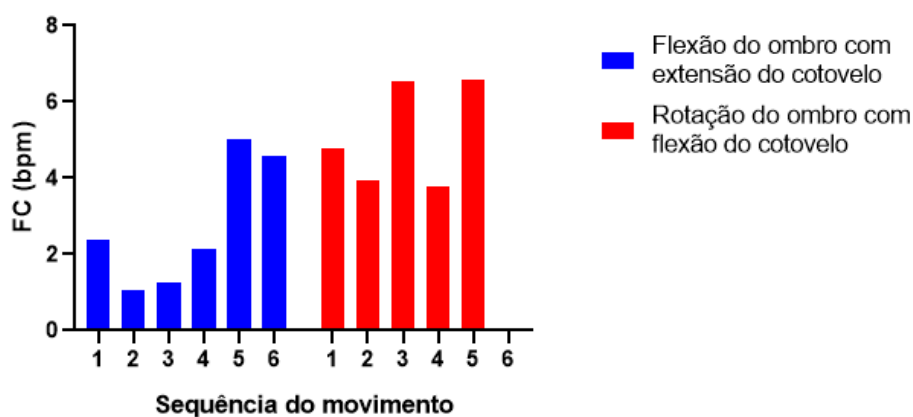


Figura C.273 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_19.

Score de Dor em função do movimento

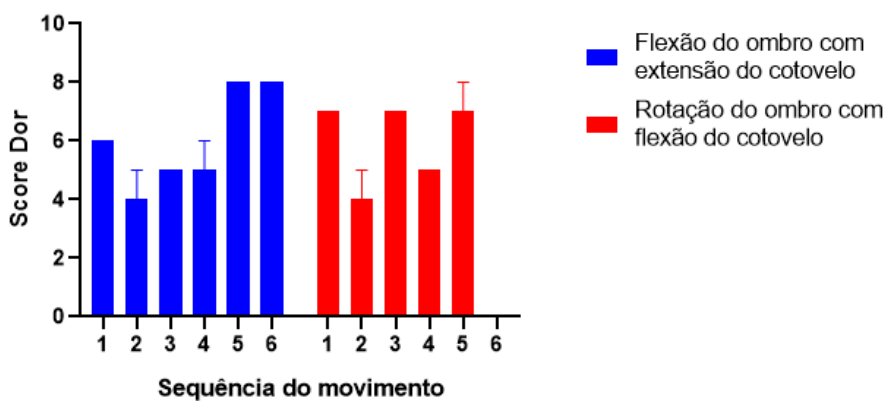


Figura C.274 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_19.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

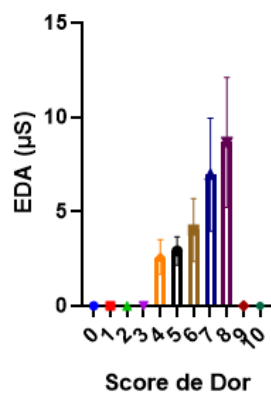


Figura C.275 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_19.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

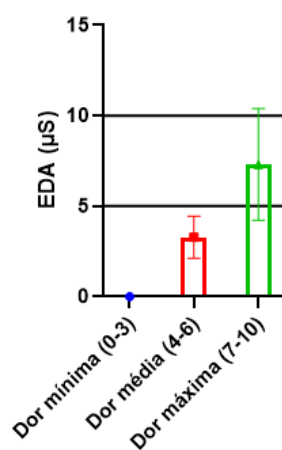


Figura C.276 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_19.

Amplitude FC em função do Score de Dor

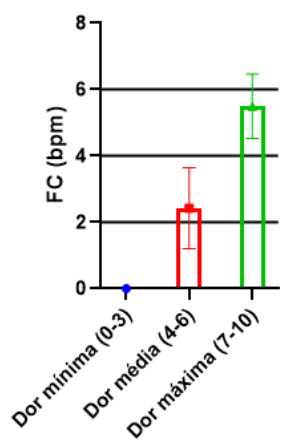


Figura C.277 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_19.

P_20

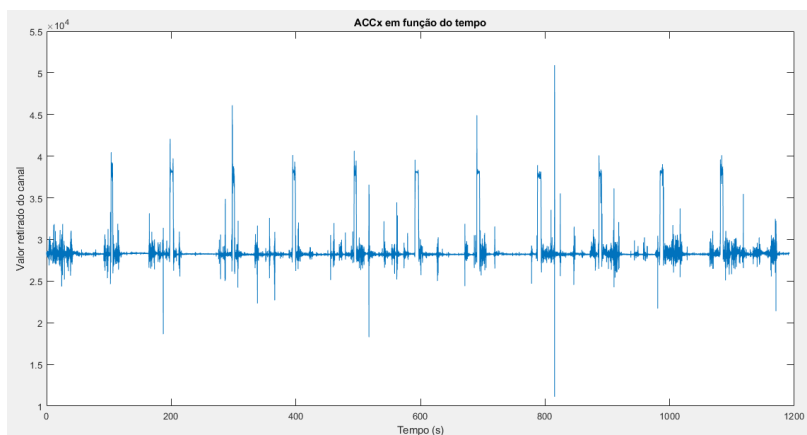


Figura C.278 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_20.

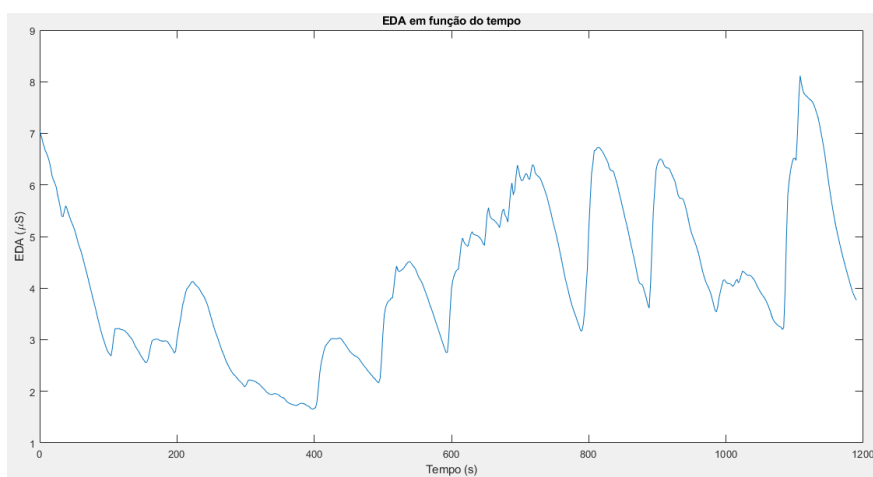


Figura C.279 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_20.

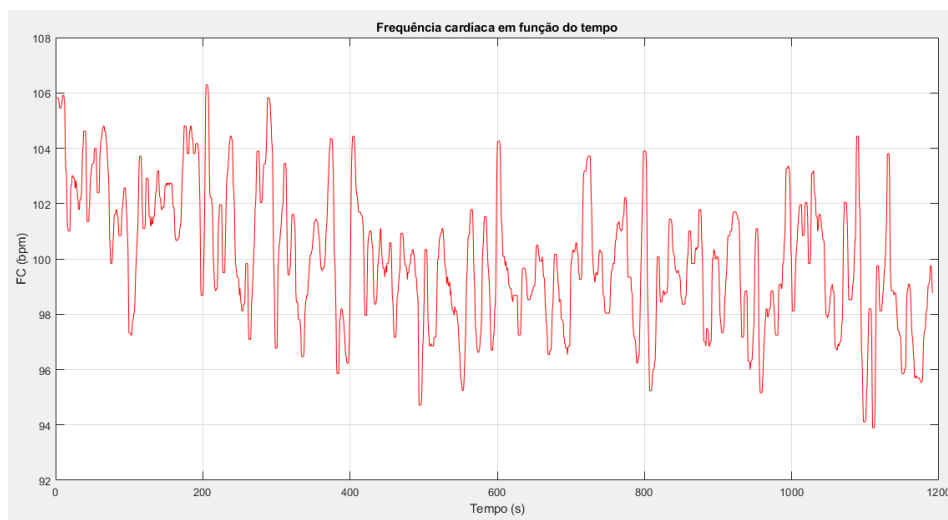


Figura C.280 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_20.

Amplitude EDA em função do movimento

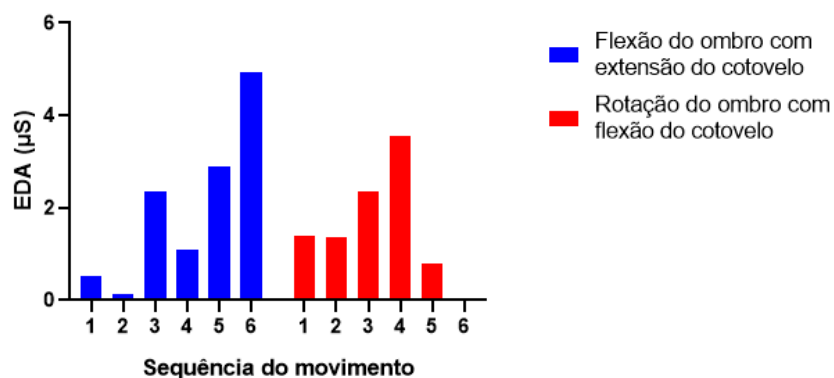


Figura C.281 – Amplitude do sinal eletrodérmico ao longo da sequência de movimentos, referente ao participante P_20.

Amplitude FC em função do movimento

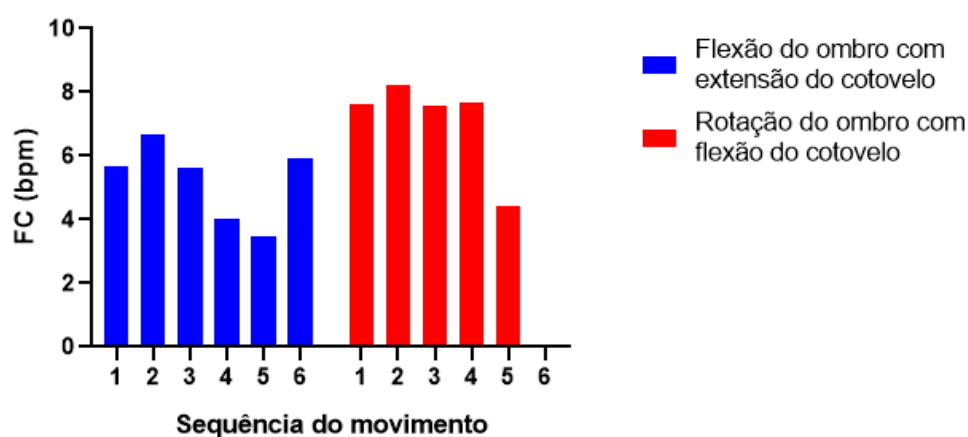


Figura C.282 – Amplitude da frequência cardíaca para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_20.

Score de Dor em função do movimento

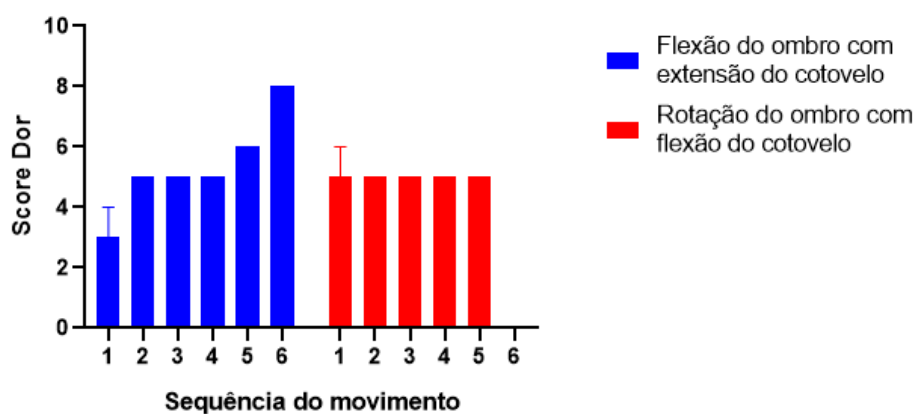


Figura C.283 – Amplitude média da FC para os dois movimentos efectuados, referente ao participante P_20.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

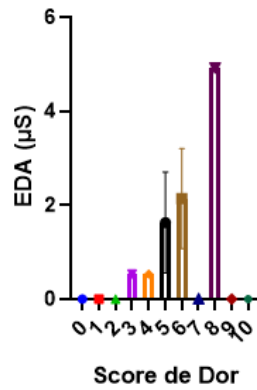


Figura C.284 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor, referente ao participante P_20.

Amplitude EDA em função do Score de Dor

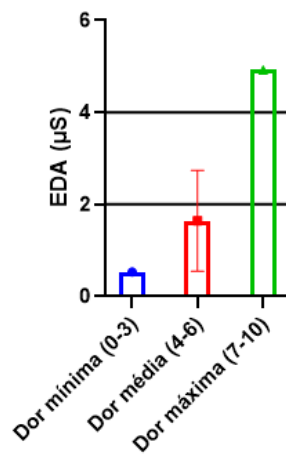


Figura C.285 – Amplitude do sinal eletrodérmico em função do score de dor agrupado, referente ao participante P_20.

Amplitude FC em função do Score de Dor

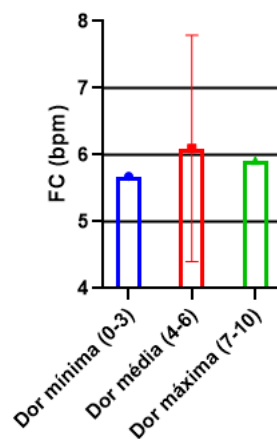


Figura C.586 – Amplitude da frequência cardíaca em função do score de dor agrupado, referente ao indivíduo P_20.

P_21

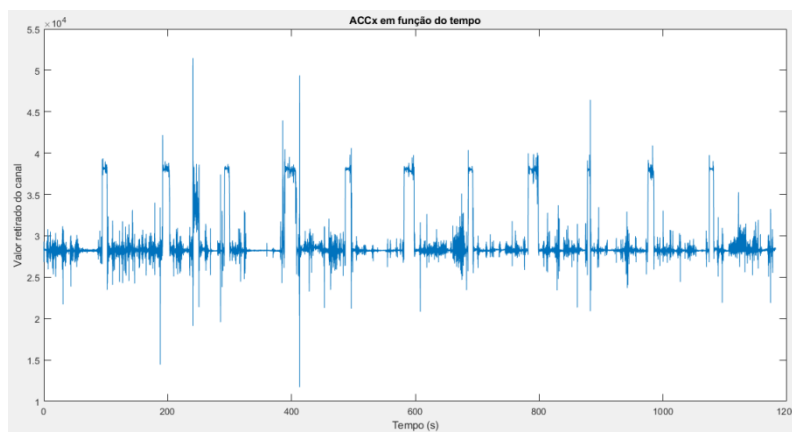


Figura C.287 – Sinal do sensor ACC relativo ao eixo X, referente ao participante P_21.

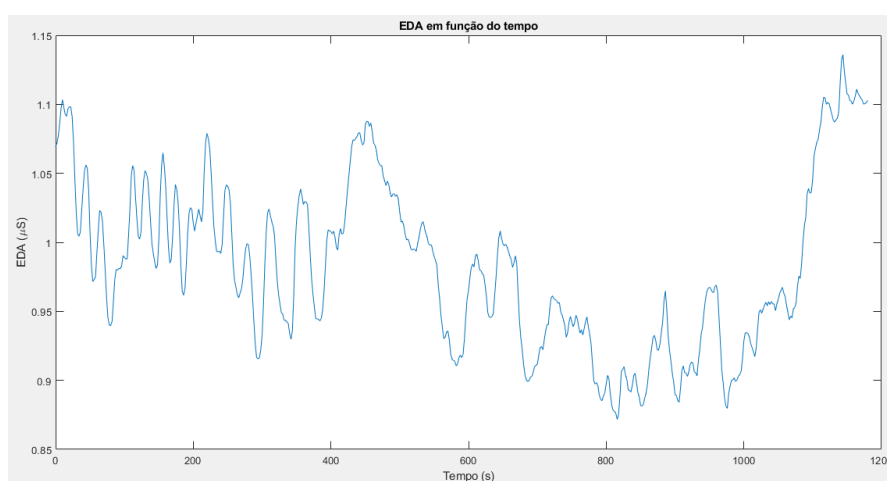


Figura C.288 – Sinal eletrodérmico (μS) suavizado, referente ao participante P_21.

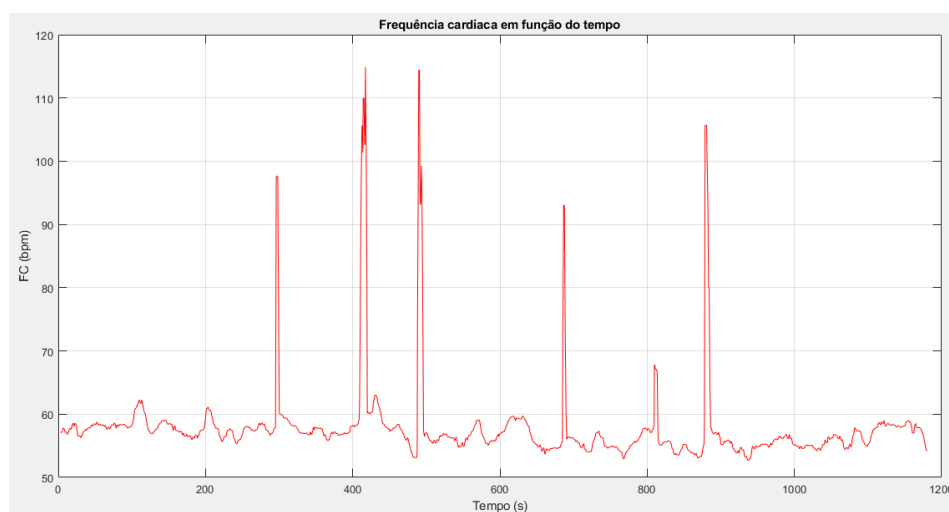


Figura C.289 – Gráfico suavizado da frequência cardíaca em função do tempo, referente ao participante P_21.